

**Optimale Bodenbedingungen für artenreiche Magerwiesen**



Bachelorarbeit

Von

**Marc – Olivier Bächler**

Bachelorstudiengang 2017

Abgabedatum 09.01.2020

Studienrichtung Umweltingenieurwesen

Fachkorrektoren:

Prof. Dr. Jürgen Dengler und

Dr. Regula Billeter

Forschungsgruppe Vegetationsökologie der ZHAW

Schloss

8820 Wädenswil

## **Impressum**

Schlagworte: Mitteleuropäische Halbtrockenrasen, Mesobromion, Boden, Vegetation, Zeigerwerte, Mittelland, Naturschutzwert, Schweiz

Autor: Marc-Olivier Büchler  
buechma2@students.zhaw.ch

Herausgeber: Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften  
Life Science and Facility Management  
Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen  
Grüental  
CH-8820 Wädenswil

Titelbild: Talgrueb, Aussicht auf den Schiessstand in Freienstein-Teufen,  
Marc Büchler (2019)

## Abstract

Dry meadows and pastures are considered one of the most species-rich habitats in the world. In order to counteract the sharp decline of these sensitive habitats, many of them have been placed under national and regional protection in Switzerland. The aim of the present study was to find out a) whether the dry meadows and pastures can still be distinguished according to the historical classification of "good" and "poor" quality and b) whether even today, based on vegetation and soil characteristics, it is still possible to distinguish between good and poor quality and whether correlations can be identified.

The study area is located in the canton of Zurich in the Swiss midlands. The study areas themselves, meaning the dry meadows and pastures, are located in the north-eastern part of the canton of Zurich, once east and once west of the city of Winterthur.

A soil and vegetation analysis was carried out. Nitrogen (N), phosphorus (P), organic carbon ( $C_{org}$ ) and total carbon ( $C_{tot}$ ) and the pH-value were measured using soil samples. For the C/N ratio the organic carbon was divided by the nitrogen. During the vegetation surveys, environmental and vegetation parameters were recorded in addition to the vegetation itself (exclusively vascular plants). The average pointer values were derived from the surveyed vegetation. This was done for both meadow qualities individually.

All data collected from the soil and vegetation analysis were combined into a single data set for later statistical analysis. The number and coverage of the surveyed Red-List-Species and character- and common-species for Central European semi-arid grasslands were calculated and added as further parameters to the data set. These parameters later formed the species-related values in the statistical analysis.

Furthermore, two valence measures were calculated, namely the ratio of herb and grass cover ( $\log_{10}(\text{Herb Cover/Grass Cover})$ ) and the valence measure "Vegetation Valence", which is composed from cover ratio of Red-List-Species, character- and common-species and Black-/Watch-List-Species and form an equation. The differences were determined by comparing the respective average values of all parameters of the two meadow qualities. The correlations were calculated with regressions. The independent variables were the environmental- and soil chemical parameters, the pointer values and the species-related values. The dependent variables were the diversity- and valence measures: Vegetation Valence,  $\log_{10}(\text{Herb Cover/Grass Cover})$ , species number, Shannon Index and Evenness.

The comparison of the two meadow qualities showed many differences. Slope inclination ( $^{\circ}$ ), maximum micro-relief, litter coverage (%), pH-value and Vegetation Valence, were significantly higher in meadows of "good" quality. Meadows of

"poor" quality had a significantly higher nitrogen (N) content. Furthermore, the average light number was significantly lower and the average nutrient number significantly higher in "good" quality meadows. Red-List-Species and character species were not found in meadows of "poor" quality.

The degree of slope inclination has a positive effect on the quality of vegetation, as does the maximum micro relief. Species number and  $\text{Log}_{10}(\text{herb cover/grass cover})$  on the other hand are negatively related to the slope inclination. Litter cover is negatively related to  $\text{Log}_{10}(\text{herb cover/grass cover})$ , but positively related to the Vegetation Valence. The organic carbon ( $\text{C}_{\text{org}}$ ) and phosphorus (P) are negatively related to the Vegetation Valence. Nitrogen (N) is the only soil chemical parameter that shows a significant relationship with the number of species, and it is a negative one at that. The pointer values have a large number of significant correlations with the  $\text{Log}_{10}(\text{herb cover/grass cover})$ , Vegetation Valence and Evenness.

In summary, this study showed that slope inclination and macro relief were the decisive environmental parameters for species composition and -diversity. In terms of vegetation parameters, litter cover is a decisive factor in the increase in grass cover, Vegetation Valence and Evenness. It is assumed that over-extensive cultivation leads to an accumulation of litter cover and thus to the increase of grass cover. Nitrogen (N) was found to be the most important soil chemical parameter for the conservation of species numbers. Phosphorus (P) and organic carbon were found to be the most important soil chemical parameters for the preservation of rare and typical plants. Very important are also the geographical location and the area size of the objects. They should be as far away as possible from intensively cultivated agricultural land and have largest possible size to avoid negative boundary effects as far as possible.

\*\*\*

## Zusammenfassung

Trockenwiesen und -weiden gelten als eine der artenreichsten Lebensräume der Welt. Um dem starken Rückgang dieser sensiblen Lebensräume entgegenzuwirken, wurden viele davon in der Schweiz unter nationalen und regionalen Schutz gestellt. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, herauszufinden, a) ob sich die Trockenwiesen und -weiden noch immer gemäss der historischen Einteilung von «guter» und «schlechter» Qualität unterscheiden lassen und b) ob auch heute noch aufgrund von Vegetations- und Bodeneigenschaften zwischen gut und schlecht unterschieden werden kann und ob Zusammenhänge zu erkennen sind. Das Untersuchungsgebiet liegt im Kanton Zürich im Schweizer Mittelland. Die Untersuchungsflächen selbst, also die Trockenwiesen und -weiden, befinden sich im nordöstlichen Teil des Kantons Zürichs, und zwar einmal östlich und einmal westlich der Stadt Winterthur.

Es wurde eine Boden- und Vegetationsanalyse durchgeführt. Mittels der Bodenproben wurden Stickstoff (N), Phosphor (P), organischer und totaler Kohlenstoff ( $C_{org}$  /  $C_{tot}$ ) und der pH-Wert gemessen. Für das C/N-Verhältnis wurde der organische Kohlenstoff durch den Stickstoff dividiert.

Während der Vegetationsaufnahmen wurden nebst der Vegetation selbst (ausschliesslich Gefässpflanzen) auch Umweltparameter und Vegetationsparameter erhoben. Von der erhobenen Vegetation abgeleitet wurden die durchschnittlichen Zeigerwerte berechnet. Dies jeweils für beide Wiesen-Qualitäten.

Sämtliche erhobenen Daten der Boden- und Vegetationsanalyse wurden in einen einzigen Datensatz zusammengefasst, um später der statistischen Analyse zu dienen. Die Anzahl und der Deckungsgrad der erhobenen Rote-Liste-Arten und charakter- und häufige Arten für Mitteleuropäische Halbtrockenrasen wurden berechnet und als weitere Parameter in den Datensatz hinzugefügt. Die eben genannten Parameter bildeten in der Statistischen Analyse später die artenbezogenen Werte.

Ferner wurden zwei Wertigkeitsmasse berechnet, und zwar das Verhältnis von Kräuter- und Gräserdeckung ( $\log_{10}(\text{Kräuterdeckung}/\text{Gräserdeckung})$ ) und das Wertigkeitsmass «Wertigkeit Vegetation», welche aus Deckungsgrade der Rote Liste Arten, charakter- und häufige Arten und Schwarzen-/Watch Liste Arten zusammengesetzt sind und eine Gleichung bilden. Die Unterschiede wurden durch Vergleichen der jeweiligen Durchschnittswerte sämtlicher Parameter der beiden Wiesenqualitäten ermittelt. Die Zusammenhänge wurden jeweils mit Regressionen berechnet. Die unabhängigen Grössen waren die Umwelt- und Bodenchemischen Parameter, die Zeigerwerte sowie die artenbezogenen Werte. Die abhängigen Grössen waren die Diversitäts- und Wertemasse Wertigkeit Vegetation,  $\log_{10}(\text{Kräuterdeckung}/\text{Gräserdeckung})$ , Artenzahl, Shannon-Index und Evenness.

Der Vergleich der beiden Wiesenqualitäten zeigte viele Unterschiede auf. Hangneigung ( $^{\circ}$ ), Maximales Mikrorelief, Streudeckung (%), pH-Wert und Wertigkeit Vegetation waren in Wiesen «guter» Qualität signifikant höher. Die Wiesen «schlechter» Qualität wiesen einen signifikant höheren Stickstoffgehalt (N). Weiter waren bei Wiesen «guter» Qualität die durchschnittliche Lichtzahl signifikant tiefer und die durchschnittliche Nährstoffzahl signifikant höher. Rote-Liste-Arten und Charakterarten waren in Wiesen «schlechter» Qualität nicht zu finden. Der Grad der Hangneigung wirkt sich positiv auf die Wertigkeit Vegetation aus, genauso wie das Maximale Mikrorelief. Artenzahl und  $\log_{10}(\text{Kräuterdeckung/Gräserdeckung})$  hingegen hängen negativ mit der Hangneigung zusammen. Die Streudeckung hängt negativ mit dem  $\log_{10}(\text{Kräuterdeckung/Gräserdeckung})$ , hingegen positiv mit der Wertigkeit Vegetation zusammen. Der organische Kohlenstoff ( $C_{\text{org}}$ ) und Phosphor (P) hängen negativ mit der Wertigkeit Vegetation zusammen. Der Stickstoff (N) ist der einzige Bodenchemische Parameter, der einen signifikanten Zusammenhang zeigt mit der Artenzahl, und zwar einen negativen. Die Zeigerwerte haben mit dem  $\log_{10}(\text{Kräuterdeckung/Gräserdeckung})$ , Wertigkeit Vegetation und Evenness, eine grosse Anzahl an signifikanten Zusammenhängen.

Zusammenfassend konnte in dieser Arbeit gezeigt werden, dass die Hangneigung und das Makrorelief die entscheidenden Umweltparameter waren für die Artenzusammensetzung und -vielfalt. Bei den Vegetationsparametern ist die Streudeckung entscheidend mitverantwortlich für den Anstieg von Gräserdeckung, Wertigkeit Vegetation und Evenness. Vermutet wird, dass die zu extensive Bewirtschaftung zu einer Anhäufung der Streudeckung und somit zur Vergrasung der Vegetation führt. Als wichtigster bodenchemischer Parameter für den Erhalt der Artenzahl wurde der Stickstoff (N) herausgefunden. Für den Erhalt der seltenen und typischen Pflanzen wurden der Phosphor (P) und organische Kohlenstoff herausgefunden. Äusserst wichtig sind auch die geographische Lage und die Flächengrösse der Objekte. Sie sollten einen grösstmöglichen Abstand zu intensiv bewirtschafteter Landwirtschaftlicher Nutzfläche haben und eine grösstmögliche Fläche aufweisen, um negative Randeffekte möglichst vermeiden zu können.

\*\*\*

## Inhaltsverzeichnis

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>Material und Methoden .....</b>   | <b>4</b>  |
| 2.1      | Untersuchungsgebiet.....   | 4         |
| 2.2      | Erhebungsdesign .....  | 6         |
| 2.2.1    | Abgrenzung historische Daten und aktuelle Daten.....                                       | 6         |
| 2.2.2    | Auswahl der Magerwiesen Gebiete .....  | 7         |
| 2.2.3    | Grösse und Anordnung der Aufnahmeflächen in den Magerwiesen ...                            | 7         |
| 2.3      | Bodenparameter.....  | 8         |
| 2.3.1    | Aufbereitung der Proben.....   | 8         |
| 2.3.2    | Bodenanalyse im Labor .....  | 9         |
| 2.4      | Vegetationsaufnahmen .....   | 10        |
| 2.4.1    | Strukturparameter (Proxis für unabhängige Grössen).....                                    | 10        |
| 2.4.2    | Weitere im Feld erhobene Parameter (Proxis für unabhängige Grössen).....                   | 11        |
| 2.4.3    | Zeigerwerte (Proxis für unabhängige Grössen) .....   | 12        |
| 2.4.4    | Artenbezogene Werte (Proxis für unabhängige Grössen) .....                                 | 13        |
| 2.4.5    | Diversitäts- und Wertigkeitsmasse (abhängige Grössen) .....                                | 14        |
| 2.5      | Statistische Analysen.....   | 15        |
| <b>3</b> | <b>Ergebnisse .....</b>  | <b>16</b> |
| 3.1      | Übersicht über die Daten.....  | 16        |
| 3.2      | Statistischen Analysen .....   | 19        |
| 3.2.1    | Vergleich von Wiesen nach historischer Einteilung in «gute» und «schlechte» Qualität ..... | 19        |
| 3.2.2    | Zusammenhänge mit den Diversitäts- und Wertemasse .....                                    | 22        |
| <b>4</b> | <b>Diskussion .....</b>  | <b>26</b> |
| 4.1      | Unterschiede zwischen historischen Wiesenqualitäten .....                                  | 26        |
| 4.2      | Abhängigkeit der aktuellen Wiesenqualität von Umweltfaktoren.....                          | 29        |
| <b>5</b> | <b>Schlussfolgerung und Ausblick .....</b>   | <b>32</b> |
| <b>7</b> | <b>Literaturverzeichnis.....</b>   | <b>34</b> |
|          | <b>Abbildungsverzeichnis.....</b>  | <b>40</b> |
|          | <b>Tabellenverzeichnis.....</b>  | <b>41</b> |
|          | <b>Anhang.....</b>   | <b>42</b> |

# 1 Einleitung

Trockenwiesen und -weiden beeindruckten durch ihren Artenreichtum in jeder Hinsicht. Weltweit gehören sie zu den artenreichsten Lebensräumen und beherbergen kleinräumig die höchste Anzahl Gefässpflanzen (Dengler, 2012), wobei 89 Gefässpflanzen auf 1m<sup>2</sup> einen Weltrekord darstellen (Wilson et al., 2012). Sie beherbergen viele, auch selten gewordene Pflanzenarten und ziehen von Frühling bis Herbst viele verschiedene Organismen, wie Insekten, Vögel und Reptilien an, denen sie Nahrung und Lebensraum bieten (Wassmer, 2004). Vorzufinden sind sie auf kalkhaltigen, nährstoffarmen, gut dränierten Böden und warmen, gut besonnten Hängen (Delarze et al., 2015; Nowak & Schulz, 2002; Pearson et al., 2006).

Die grösste Ausbreitung dieses Lebensraumes war zwischen dem 15. und dem 20. Jahrhundert, zeitgleich mit der grössten Schafherden- und Wandertierhaltung (Poschlod & WallisDeVries, 2002). Heute sind die meisten noch existierenden Trockenwiesen und -weiden, im Ursprung menschengemacht und ein Ergebnis früherer landwirtschaftlicher Bewirtschaftung, weshalb sie für ihren Erhalt auf eine regelmässige Bewirtschaftung wie Mahd beziehungsweise Beweidung angewiesen sind (Delarze et al., 2015; Poschlod & WallisDeVries, 2002; WallisDeVries et al., 2002). Die Ausbreitung dieses Lebensraumes ist seit dem 20. Jahrhundert europaweit, erheblich zurückgegangen und gilt heute als bedroht (Poschlod & WallisDeVries, 2002; WallisDeVries et al., 2002). In der Schweiz schätzt Lachat et al. (2010) einen Flächenrückgang von Trockenwiesen und -weiden von ungefähr 95% der ursprünglichen Fläche aus dem Jahre 1900. Besonders seit dem 2. Weltkrieg, sollen die Trockenwiesen und -weiden schweizweit einen außergewöhnlichen starken Rückgang erlebt haben (Zoller & Wagner, 1986; Zoller et al., 1986). In der Schweiz sind sie deswegen in der Roten Liste der Lebensräume als verletzlich geführt (Delarze et al., 2016).

Als grössten Bedrohungen für die Trockenwiesen und -weiden ist Nutzungsintensivierung und -änderung und die Verbuschung beziehungsweise Aufforstung (Delarze et al., 2015; Poschlod & WallisDeVries, 2002; WallisDeVries et al., 2002). Die Brachlegung und Fragmentierung dieses Lebensraumes gelten mitunter als eine der Hauptursachen für den Rückgang vieler seltener und typischen Arten dieses Lebensraumes (Poschlod & WallisDeVries, 2002; Stöcklin et al., 1999; Zoller & Wagner, 1986; Zoller et al., 1986). Durch die Fragmentierung des Lebensraumes führte es dazu, dass die Habitate isoliert wurden und so kaum mehr miteinander vernetzt waren. Dies führte unweigerlich zu Populationsschwächungen von Flora und Fauna, bis hin zum Aussterben von Arten (Fischer, 2003; Stöcklin et al., 1999).



Entscheidend mitverantwortlich für den Lebensraum- und Artenverlust sind auch Störungen die nicht dem Flächenerhalt dienen wie Düngung, Lärm, Tritt oder das Einbringen Gebietsfremder Arten (Kägi et al., 2002).

Bobbink et al., 1998 stellte fest, dass die Eutrophierung der Böden durch Stickstoffeinträge aus der Luft einen Einfluss auf die Artenzusammensetzung hat, da dominante Gräser und Stickstoffliebende Pflanzen überhandnehmen können. Weiter zeigte der kürzlich veröffentlichte Bericht von Boch et al. (2019), dass bei den Trockenwiesen und -weiden die Vegetation in den letzten zehn Jahren dichter wurde, mehr Nährstoffzeiger, Feuchtezeiger einwanderten und weniger Lichtzeiger zu finden waren. Was ebenfalls ein für die Nährstoffanreicherung und einen Rückzug von typische Magerwiesen Pflanzen unterstreichen könnte.

Um diesem sensiblen und gefährdeten Lebensraum zu erhalten und fördern, wurden die wertvollsten Trockenwiesen und -weiden Objekte kartiert (Eggenberg et al., 2001) und in ein Inventar nach Artikel 18a des Bundesgesetzes über den Natur- und Heimatschutz (NHG) aufgenommen. Das Wissen über das Vorkommen und die Geografische Lage, soll in Zukunft Helfen diese Lebensräume zu fördern und erhalten (Dipner et al., 2010). Die Bewirtschaftung der Wiesen definiert Dipner et al. (2010) dann als zweckmässig wenn sowohl die Qualität als auch die Fläche der Objekte gleich bleiben oder zunehmen. Die Bewirtschaftung kann so von Objekt zu Objekt verschieden sein, soll aber immer im Sinne der Erhaltung und Förderung des Objektes sein.

Für Management und Renaturierungsmassnahmen ist es wichtig zu wissen, wie die Bodenverhältnisse aussehen müssen, damit darauf noch oder wieder ein artenreicher Magerrasen gedeihen kann. So könnte man Massnahmen auf Flächen konzentrieren, die bodenkundlich überhaupt erfolgsversprechend sind. Gegebenenfalls könnte so in Renaturierungs- und Ausgleichsverfahren durch Oberbodenabtrag oder -inversion wieder geeignete Bedingungen geschaffen werden. Diese Arbeit ist daher in Kooperation mit der Fachstelle Naturschutz des Kantons Zürich gemacht worden und wobei "gute" und "schlechte" Trockenwiesen und -weiden bezüglich Vegetation und Bodenverhältnissen verglichen werden. Hierbei muss aber unbedingt unterstrichen werden, dass es sich bei der Einteilung der Qualitätsstufen um historische Daten handelt, die zumeist über 10 Jahre zurückliegen. Sämtliche in dieser Arbeit untersuchten Trockenwiesen und -weiden befinden sich auf basenreichen Böden des Mittellandes und werden von Delarze, Gonseth, Eggenberg, & Vust (2015) zu den Mitteleuropäischen Halbtrockenrasen, dem sogenannten Mesobromion, zusammengefasst. Im Rahmen der Semesterarbeit 2 wurden bereits die Bodenproben aufgenommen und analysiert. Nun soll, im Rahmen dieser Bachelorarbeit eine Synthese, zwischen der Vegetations- und der Bodeneigenschaft gemacht werden und mögliche Voraussagen über die optimalen Bodenbedingungen für Magerwiesen, gemacht werden.

Es wurden folgende Forschungsfragen beschrieben:

- Sind die Magerwiesen, nach historischer Einteilung in «gut» und «schlecht», bezüglich Vegetation und Bodenverhältnisse, nach wie vor unterschiedlich und ist ein Muster im Vergleich der Unterschiede erkennbar?
- Kann man durch die Bodeneigenschaften auf die Vegetation schliessen und so den Vegetationstypen in Zukunft neubilden beziehungsweise können Voraussagen getroffen werden über den Vegetationstypen, wenn die Bodeneigenschaften bekannt oder beeinflusst werden?

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Untersuchungsgebiet

#### Geografie

Das Untersuchungsgebiet liegt im Kanton Zürich im Schweizer Mittelland. Die Untersuchungsflächen selbst, also die Magerwiesen, befinden sich jedoch im nordöstlichen Teil des Kantons Zürichs, und zwar einmal östlich und einmal westlich der Stadt Winterthur (Abbildung 1). Diese beiden Regionen um Winterthur liegen im Tösstal. Das Tösstal wird in zwei Regionen unterteilt, nämlich in das untere Tösstal, westlich von Winterthur und in das obere Tösstal, östlich von Winterthur. Die Untersuchungsflächen der Gemeinden Freienstein-Teufen, Dättlikon sowie Embrach liegen im unteren Tösstal. Die Untersuchungsflächen der Gemeinden Turbenthal und Zell liegen im oberen Tösstal. Die Gemeinde Elsau liegt zwar östlich von Winterthur, jedoch im Eulachtal, welches parallel auf nördlicher Seite zum Tösstal, liegt. Die tiefst gelegene Untersuchungsfläche liegt in Freienstein-Teufen auf 414 m ü. M. und die höchst gelegene Fläche in Turbenthal auf 724 m ü. M.

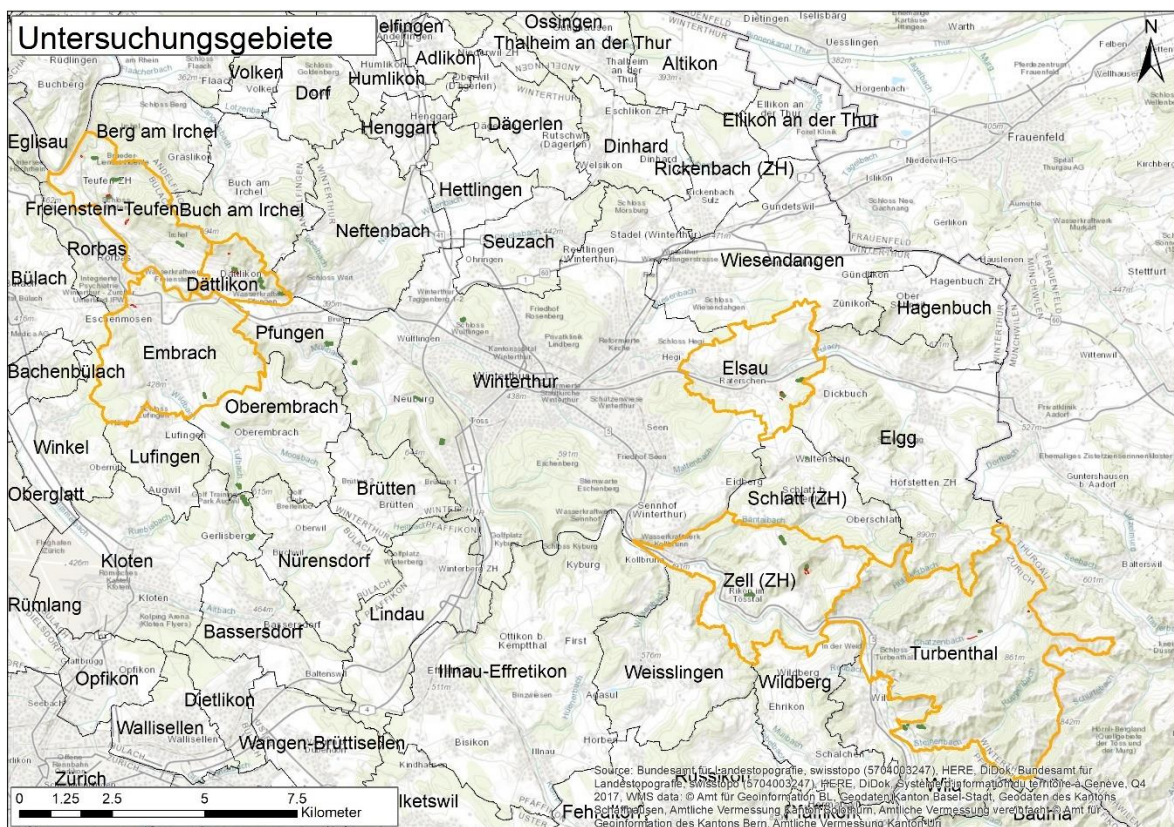


Abbildung 1 Die Karte zeigt alle die Untersuchungsgebiete (Oranger Rahmen). Links oben, westlich von Winterthur liegt das untere Tösstal, rechts unten, östlich von Winterthur liegt das obere Tösstal. Rechts oben, westlich von Winterthur liegt die Gemeinde Elsau im Eulachtal. Quelle: Bundesamt für Landestopografie, swisstopo, Dezember 2019

**Klima**

Die Region Winterthur liegt in der gemässigten Klimazone. Die Jahres-Durchschnittstemperatur beträgt 9.2°C. Betrachtet man den durchschnittlichen Niederschlag in Winterthur, so zeigt die Regenmessstation vom AWEL (Regenmesser Winterthur, Strasseninspektorat, Nr. 591), für die letzten 13 Jahre eine durchschnittliche Niederschlagsmenge von 1035mm/m<sup>2</sup>/Jahr.

**Exposition und Bewirtschaftung**

Sämtliche Wiesen, bis auf eine Ausnahme, sind südexponiert. Sämtliche Wiesen werden ein- bis zweimal pro Jahr gemäht. Drei Wiesen werden zusätzlich beweidet.

**Biogeografische Region des Untersuchungsgebietes**

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Region des Schweizer Mittellandes (Nr. 2) und wird der Unterregion Östliches Mittelland (Nr. 23) zugeteilt (Gonseth et al., 2001).

## 2.2 Erhebungsdesign

### 2.2.1 Abgrenzung historische Daten und aktuelle Daten

Zu Beginn der Semesterarbeit 2 im Frühjahr 2019, welche einen Teil dieser Bachelorarbeit bildet, wurde vom Verfasser dieser Arbeit ein GIS-Datensatz mit sämtlichen Trockenwiesen und -weiden (TWW) auf Kalkbraunerde, vom Amt für Landschaft und Natur des Kantons Zürich (ALN), entgegengenommen. Der GIS-Datensatz beinhaltete Trockenwiesen und -weiden «guter», «mittlerer» und «schlechter» Qualität, eingeteilt durch das ALN. Hierbei handelte es sich fast ausschliesslich um historische Daten, da die Aufnahmen beziehungsweise Beurteilungen dieser Wiesen teilweise mehr als zehn Jahre zurückliegen. Einzig bei den Wiesen der «schlechten» Qualität gibt es vereinzelte Wiesen, welche kürzlich in das Inventar aufgenommen wurden und somit nicht als historisch betrachtet werden können. Dennoch soll hier unterstrichen werden, dass die in dieser Arbeit verwendeten Begriffe «gut» und «schlecht», nicht immer auf die aktuelle Wiesenqualität zurückgeführt werden, sondern lediglich auf historische Erhebungen.

Die Beurteilung der Wiesenqualität ist wie folgt zu verstehen:

- Eine Magerwiese der Qualität «gut» ist dadurch definiert, dass sie ein TWW-Objekt von nationaler Bedeutung gemäss Anhang 1 der Trockenwiesenverordnung darstellt (Eggenberg et al., 2001).
- Die Magerwiesen der Qualität «Schlecht» sind sogenannte «AEZH-Flächen», welche den Grundkriterien für eine nationale TWW-Fläche genügen würden, die aber nur vier (statt sechs) Pflanzenarten des TWW-Schlüssels enthalten (Eggenberg et al., 2001).

«AE» steht dabei für den Lebensraum Arrhenatherion, auch Talfettwiese oder Fromentalwiese genannt (Delarze, Gonseth, Eggenberg, & Vust, 2015). Dem AE wird noch bei der Definition ein <sub>MB</sub> angehängt, also AE<sub>MB</sub>, was bedeutet dass der Lebensraum Arrhenatherion (AE) noch Mesobromion (MB) Arten enthält und die AEZH – Flächen als «trockene artenreiche Fettwiesen» gelten (Eggenberg et al., 2001).

Jede Magerwiese ist mit einer Nummer gekennzeichnet, um sie genau zuordnen zu können. Mithilfe dieser Nummern wurde eine Tabelle (Anhang D) erstellt, welche der Übersicht über alle Magerwiesen dient und mit den laufenden Ergebnissen der Boden- und Vegetationsanalyse ergänzt werden soll.

### 2.2.2 Auswahl der Magerwiesen Gebiete

An die Untersuchungsflächen wurden verschiedene Anforderungen gestellt, damit die Arbeit in einem bestimmten Zeitrahmen und Aufwand erledigt werden konnte. Die Untersuchungsflächen mussten:

- (a) im Gebiet des Kanton Zürichs liegen
  - (b) den Bodentyp Kalkbraunerde haben
  - (c) als Wiese bewirtschaftet werden und
  - (d) in einer Distanz von einander liegen, welche mit dem Fahrrad zu bewältigt ist.
- Basierend auf dem GIS-Datensatz des ALN wurden die möglichen Untersuchungsflächen gewählt. Mit den genannten Anforderungen an die Untersuchungsflächen konnten insgesamt 27 Magerwiesen definiert werden. Es wurden 13 Magerwiesen von schlechter und 14 von guter Qualität ausgewählt, und entsprechend den Attributen «gut» und «schlecht», zugeteilt. Die definierten Magerwiesen waren so verteilt, dass sich je sieben gute und schlechte Magerwiesen auf der westlichen Seite Winterthurs und sieben gute und sechs schlechte Magerwiesen auf der östlichen Seite Winterthurs, befinden.

### 2.2.3 Grösse und Anordnung der Aufnahmeflächen in den Magerwiesen

Bei der ersten Begehung im Frühjahr, im Rahmen der Semesterarbeit 2, wurde jede Untersuchungsfläche mit je drei, quadratischen Untersuchungsflächen bestückt, von denen jede ein Quadratmeter mass ( $1\text{m}^2$ -Plots). Der Ablauf war jeweils bei jeder Untersuchungsfläche identisch und wurde immer in der gleichen Reihenfolge durchgeführt.

- (1) Als erstes wurde ein Überblick über die ganze Fläche geschaffen. Basierend auf der Sicht auf die komplette Fläche konnten dann
- (2) drei verschiedene Untersuchungsflächen von je einem Quadratmeter definiert werden, und zwar zufällig, jedoch mit Rücksicht auf mögliche Unterschiede in der Vegetation. Die Untersuchungsflächen wurde so platziert, dass die Magerwiese als Ganzes möglichst gut dargestellt wird. So wurden bei der Wahl der Untersuchungsflächen ( $1\text{m}^2$ -Plot) topografische Unterschiede oder Unterschiede in der Vegetation der Magerwiese berücksichtigt.
- (3) Danach wurden die  $1\text{m}^2$ -Plots mit zwei Doppelmeter ausgelegt. Dabei wurde die obere Kante des Quadrates immer nach Norden ausgerichtet, um bei der späteren Vegetationsanalyse die identische Ausrichtung zu reproduzieren.
- (4) Mithilfe eines Hohlmeissels wurden, unmittelbar neben dem Plot selbst und in jeder der vier Ecken die Bodenproben genommen. Die Tiefe der Bodenprobe wurde auf 15cm festgelegt, um lediglich den Oberboden zu beurteilen. Entnommen wurden jeweils 250 Gramm Bodenprobe nass.

- (5) Für das exakte Wiederauffinden der Plots wurde ein Magnet etwa 5 cm tief jeweils in der nord-westlichen Ecke jedes Plots vergraben (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).
- (6) Damit die Plots später einfach lokalisiert werden können, wurde die Position der Magnete mithilfe eines GPS-Gerätes (Garmin eTrex 20) notiert. Dass die exakte Lage von Untersuchungsflächen ( $1\text{m}^2$ -Plot) aus vergangenen Erhebungen nicht wieder aufgefunden werden kann, scheint ein bekanntes Problem zu sein (Kapfer et al., 2017), weswegen hier bewusst eine permanente Markierung mittels der vergrabenen Magnete auf den  $1\text{m}^2$ -Plots vorgenommen sowie deren Koordinaten festgehalten wurden.

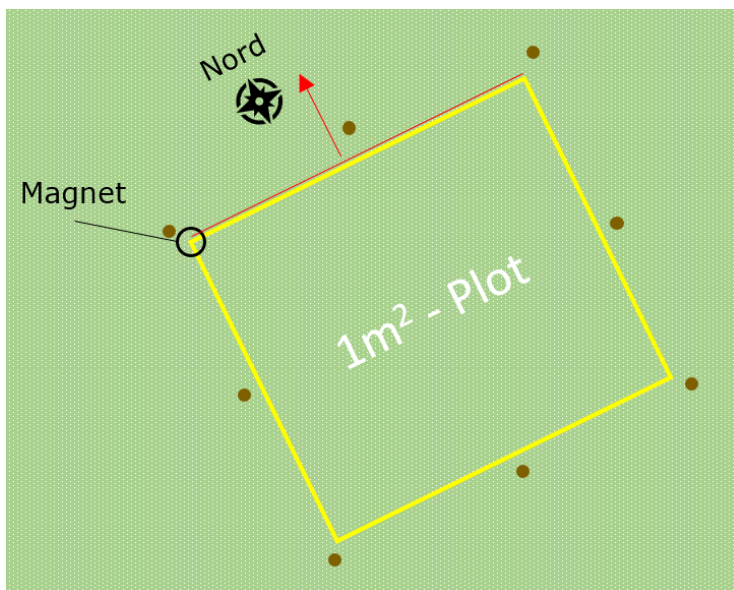


Abbildung 2: Plot  $1\text{m}^2$  bei der Bodenproben Aufnahmen,  
Grafik: Marc Bächler

## 2.3 Bodenparameter

### 2.3.1 Aufbereitung der Proben

Die im Frühjahr 2019 erhobenen Bodenproben wurden für die späteren Arbeiten im Labor in eine Aluminiumschale abgefüllt und beschriftet. Anschliessend wurden die Proben zum kompletten Trocknen, für mindestens 48 Stunden bei  $60^\circ$  Celsius in einen Trockenofen gelegt. Alsdann wurden die getrockneten Proben mithilfe eines Siebes mit der Maschenweite 2mm gesiebt, mit dem Ziel, einen Ertrag von mindestens 80 Gramm Feinerde ( $<2\text{mm}$ ) zu erhalten. Der Rest der Bodenprobe wurde für mögliche spätere Untersuchungen aufbewahrt.

Für die CHNO-Analyse (Kapitel 2.3.2.1) wurden ungefähr 10 Gramm Bodenprobe mit einem Mörser zerkleinert und in verschliessbare Röhren abgefüllt. Für die restlichen Analysen im Labor wurde lediglich die Feinerde ( $<2\text{mm}$ ) verwendet.

## 2.3.2 Bodenanalyse im Labor

### 2.3.2.1 CHNO-Analyse

Für die CHNO-Analyse wurde die zuvor gemörserte Bodenprobe verwendet. Die Analyse erfolgte nach der schweizerischen Referenzmethode der Forschungsgruppe Bodenökologie beziehungsweise der Bedienungsanleitung der Firma Leco, welche den «TruSpec Macro Analyser» (Gerät) produziert (Anhang D).

### 2.3.2.2 Phosphor Messung

Die Phosphor Messung erfolgte nach der Schweizerischen Referenzmethode der Forschungsanstalt Agroscope (ART & ACW, 2010) (Anhang E).

### 2.3.2.3 pH Messung

Die pH Messung (Anhang A) wurde mit der Feinerde (<2mm) durchgeführt, welche mit einer 0.01 molarer  $\text{CaCl}_2$  – Lösung geschlämmt wurde. Hier wurde eine vordefinierte Labormethodik der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon angewandt (ART & ACW, 2008) (Anhang F).

*Tabelle 1 Auflistung der Bodenparameter welche durch die Bodenanalyse im Labor erhoben wurden.*

|  |  |
|--|--|
| <b>Totaler Kohlenstoff (C<sub>tot</sub>)</b>     | In Prozent der gemessenen Probe (0.1g) |
| <b>Organischer Kohlenstoff (C<sub>org</sub>)</b> | In Prozent der gemessenen Probe (0.1g) |
| <b>Stickstoff (N)</b>                            | In Prozent der gemessenen Probe (0.1g) |
| <b>Kohlenstoff-Stickstoff Verhältnis (C/N)</b>   | Verhältnisrechnung                     |
| <b>Phosphor (P)</b>                              | mg Phosphor pro kg Probe               |
| <b>pH-Wert</b>                                   | -                                      |



## 2.4 Vegetationsaufnahmen

Die Vegetationsaufnahmen erfolgten zwischen 29.07. und 01.10.2019. Die Vegetationsaufnahmen erfolgten an der gleichen Stelle, an der auch die Bodenproben genommen wurden (Kapitel 2.2.3).

Um die 1m<sup>2</sup>-Plots einfach wieder finden zu können, wurden die zuvor aufgenommenen Koordinaten der 1m<sup>2</sup>-Plots mithilfe eines Geografischen Informationssystems in den jeweiligen Kartenausschnitten der untersuchten Wiesen eingefügt. Im Feld wurden dann die 1m<sup>2</sup>-Plots mithilfe der erstellten Kartenausschnitte angenähert, um anschliessend mit einem Magnetsuchger  t (Schonstedt, Modell GA-92 XT Magnetic Locator), die Magnete präzise aufzufinden. Die Vegetation sowie die Umweltparameter wurden anhand eines Erhebungsprotokolls (Anhang C), basierend auf das der EDGG (Dengler et al., 2016), dokumentiert. Für jeden Plot wurde nur ein einziges Protokoll ausgef  llt. Die Nomenklatur der Blütenpflanzen folgt Lauber, Wagner, & Gygax (2012). Bestimmt wurden nur Gefässpflanzen. Flechten und Moose wurden nicht bestimmt.



Abbildung 3 Beispiel Vegetationsaufnahme eines 1m<sup>2</sup>-Plots,  
Bild: Marc B  chler

### 2.4.1 Strukturparameter (Proxis für unabhängige Grössen)

Die nachfolgende Auflistung zeigt sämtliche im Feld erhobenen Strukturparameter. Der Deckungsgrad wurde jeweils in Prozent der gesamten Fläche gesch  tzt.

Tabelle 2 Auflistung der im Feld erhobenen Strukturparameter

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <b>Vegetation Total</b>               | In % der Untersuchungsfläche (1m <sup>2</sup> -Plots) |
| <b>Baumschicht (&gt;5m)</b>           | In % der Untersuchungsfläche (1m <sup>2</sup> -Plots) |
| <b>Strauchschicht (&gt;0.5-5m)</b>    | In % der Untersuchungsfläche (1m <sup>2</sup> -Plots) |
| <b>Kr  uterschicht</b>                | In % der Untersuchungsfläche (1m <sup>2</sup> -Plots) |
| <b>Kr  uterschicht davon Kräuter</b> | Anteil in % an der Kr  uterschicht                     |
| <b>Kr  uterschicht davon Gräser</b>  | Anteil in % an der Kr  uterschicht                     |
| <b>Moosschicht</b>                    | In % der Untersuchungsfläche (1m <sup>2</sup> -Plots) |

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| <b>Streu</b>                        | In % der Untersuchungsfläche (1m <sup>2</sup> -Plots) |
| <b>Totholz</b>                      | In % der Untersuchungsfläche (1m <sup>2</sup> -Plots) |
| <b>Steine und Felsen (&gt;63mm)</b> | In % der Untersuchungsfläche (1m <sup>2</sup> -Plots) |
| <b>Kies (2-63mm)</b>                | In % der Untersuchungsfläche (1m <sup>2</sup> -Plots) |
| <b>Feinerde (&lt;2mm)</b>           | In % der Untersuchungsfläche (1m <sup>2</sup> -Plots) |

#### 2.4.2 Weitere im Feld erhobene Parameter (Proxis für unabhängige Größen)

Im Feld wurden Hangneigung, Gründigkeit und Mahdhäufigkeit erhoben. Die Hangneigung wurde an ihrer steilsten Stelle mit einem Smartphone gemessen, welches auf dem am Boden liegenden Handprobennehmer lag (Abbildung 4). Die entsprechende Applikation zeigte die Neigung auf ein Grad genau an.

Die Gründigkeit wurde ebenfalls mithilfe des Handprobennehmers gemessen. Dabei wurde an drei Stellen der Handprobennehmer so tief wie möglich in den Boden gestossen und dann die Eindringtiefe gemessen. Aus den drei Messungen wurde dann der Mittelwert berechnet, der den Durchschnitt der Gründigkeit der einzelnen Untersuchungsflächen (1m<sup>2</sup>-Plots) ergab.

Die Mahdhäufigkeit ist ein Mass, welches angibt, wie oft die Wiese pro Jahr gemäht wird und sie wurde durch Befragung der Bewirtschafter ermittelt. Vereinzelt Flächen werden, zusätzlich zur Mahd, durch Kühe beweidet. Die Beweidung wurde in dieser Arbeit als zusätzliche Mahd festgehalten.

Die Höhe wurde mithilfe des GPS-Gerätes (Garmin eTrex 20) auf ungefähr drei Meter genau gemessen und festgehalten.

*Tabelle 3 Auflistung der weiteren im Feld erhobenen Parameter (Umweltparameter)*

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Hangneigung</b>    | Auf einen Grad genau                           |
| <b>Gründigkeit</b>    | Auf einen Zentimeter genau                     |
| <b>Mahdhäufigkeit</b> | Beweidung wurde als zusätzliche Mahd definiert |
| <b>Höhe</b>           | Meter über Meer, auf 1m genau                  |



*Abbildung 4 Handprobennehmer mit einer Gesamtlänge 80cm, Bild: Julia Bänninger, 5.Juni 2018*

### 2.4.3 Zeigerwerte (Proxis für unabhängige Grössen)

Sämtliche Erhebungsprotokolle wurden mit dem Programm *VegeDaz* (Küchler, 2017), digitalisiert und aufbereitet. Mit dem Programm *VegeDaz* wurden, basierend auf den Werten von Flora Indicativa (Landolt et al., 2010), die Zeigerwerte aus der Tabelle 4, für jede Untersuchungsfläche (1m<sup>2</sup>-Plot) berechnet. Es wurden jeweils die gewichteten mittleren Zeigerwerte, pro Untersuchungsfläche (1m<sup>2</sup>-Plot), berechnet. Mit «gewichtet» ist gemeint, dass einzelne Arten durch ihren Deckungsgrad unterschiedlich starken Einfluss auf den Mittelwert haben, da sie in einer höheren Deckung vorkommen.

*Tabelle 4 In dieser Arbeit verwendete Zeigerwerte gemäss Landolt et al. (2010)*

| Zeigerwert           | Bereich | Bedeutung  |
|----------------------|---------|--|
| Temperaturzahl       | 1 → 5   | Mittlere Lufttemperatur, bei der die Pflanzen während der Vegetationszeit gedeihen. Richtet sich weitgehend nach der mittleren Höhenverbreitung der Arten in den Alpen.<br><i>1 alpin und nival, 5 sehr warm-collin</i>  |
| Kontinentalitätszahl | 1 → 5   | Charakterisiert das Vorkommen der Art in Bezug auf die Kontinentalität des Klimas.<br><i>1 ozeanisch, 5 kontinental</i>  |
| Lichtzahl            | 1 → 5   | Charakterisiert die mittlere Lichtmenge, die eine Art an ihrem Wuchsort erhält.<br><i>1 sehr schattig, 5 sehr hell</i>   |
| Feuchtezahl          | 1 → 5   | Mittlere Feuchtigkeit des Bodens während der Vegetationszeit am hauptsächlichen Standort der Art.<br><i>1 sehr trocken, 5 überschwemmt, beziehungsweise unter Wasser</i>   |
| Wechselfeuchtezahl   | 1 → 3   | Ein Mass für die wechselnde Feuchtigkeit des Bodens im Laufe des Jahres am hauptsächlichen Standort der Art.<br><i>1 Feuchte wenig wechselnd, 3 Feuchte stark wechselnd</i>  |
| Reaktionszahl        | 1 → 5   | Charakterisiert den Boden, in dem die Pflanze verwurzelt ist und gibt an ob es eher Sauer oder Basisch ist.<br><i>1 stark sauer, 5 basisch</i>   |
| Nährstoffzahl        | 1 → 5   | Kennzeichnet den Gehalt des besiedelten Bodens an verfügbaren Nährstoffen, insbesondere an Stickstoff, aber oft auch an Phosphor.<br><i>1 sehr nährstoffarm, 5 sehr nährstoffreich bis überdüngt</i>   |
| Humuszahl            | 1, 3, 5 | Humusgehalt im Boden, hohe Zahl bedeutet viel, niedrige Zahl wenig Humus.<br><i>1 wenig bis kein Humus, 5 hoher Humusgehalt</i>  |
| Durchlüftungszahl    | 1, 3, 5 | Kennzeichnet die Sauerstoffversorgung des Bodens. Niedrige Zahlen bedeuteten schlechte, hohe Zahlen gute Durchlüftung.<br><i>1 schlechte Durchlüftung, 5 gute Durchlüftung</i>   |
| Mahdverträglichkeit  | 1 → 5   | Verträglichkeit von Mahd und Beweidung.<br><i>1 Schlecht, 5 sehr gut</i>   |
| Konkurrenzzahl       | -       | Beschreiben den ökologischen Strategietypen. Mit den Angaben aus diesen drei Zeigerwerten kann mithilfe des Dreiecksmodell der ökologischen Primärstrategien der ökologische Strategietyp definiert werden. Diese Methode basiert auf folgenden Quellen: Grime (1979; 2001) und Frank & Klotz (1990). An dieser Stelle wird auf die Publikationen von Grime (1979; 2001) und Frank & Klotz (1990) und die Flora Indicativa (Landolt et al., 2010) hingewiesen, da es im Rahmen der Bachelorarbeit, zeitlich nicht mehr möglich war genauer auf diese Zeigerwerte einzugehen. |
| Stresszahl           |         |  |
| Ruderalzahl          |         |  |

#### 2.4.4 Artenbezogene Werte (Proxis für unabhängige Grössen)

Zur späteren Berechnung des Wertigkeitsmasses «Wertigkeit Vegetation» und den Artenbezogenen Werten, wurden zuvor sämtliche Charakter- und Häufigen Arten (Delarze et al., 2015), die Arten der Roten Liste (Bornard et al., 2016) und die gebietsfremden invasiven (Buholzer et al., 2014) markiert.

*Tabelle 5 Auflistung der Artenbezogenen Werten*

|   |                   |
|---|-------------------|
| <b>Rote Liste Arten Deckungsgrad</b>            | Deckungsgrad in % |
| <b>Rote Liste Arten Anzahl</b>                  | Anzahl Arten      |
| <b>Schwarze-/Whatch-Liste 2014 Deckungsgrad</b> | Deckungsgrad in % |
| <b>Schwarze-/Whatch-Liste 2014 Anzahl</b>       | Anzahl Arten      |
| <b>Charakterarten Deckungsgrad</b>              | Deckungsgrad in % |
| <b>Charakter Arten Anzahl</b>                   | Anzahl Arten      |
| <b>Häufige Arten Deckungsgrad</b>               | Deckungsgrad in % |
| <b>Häufige Arten Anzahl</b>                     | Anzahl Arten      |
| <b>Charakter + Häufige Arten Deckungsgrad</b>   | Deckungsgrad in % |
| <b>Charakter + Häufige Arten Anzahl</b>         | Anzahl Arten      |

### 2.4.5 Diversitäts- und Wertigkeitsmasse (abhängige Grössen)

Als Diversitäts- und Wertigkeitsmasse wurden folgende Parameter definiert:

*Tabelle 6 Auflistung der Diversitäts- und Wertigkeitsmasse*

|  |                 |
|--|-----------------|
| Artenzahl  | Diversitätsmass |
| Shannon Index                                    | Diversitätsmass |
| Evenness   | Diversitätsmass |
| Log <sub>10</sub> (Kräuterdeckung/Gräserdeckung) | Wertigkeitsmass |
| Wertigkeit Vegetation                            | Wertigkeitsmass |

### Mengenverhältnisse Kräuter-Gräser

Das Verhältnis von Kräutern zu Gräsern wurde berechnet, indem der Deckungsgrad der Kräuter durch den Deckungsgrad der Gräser dividiert wurde.

Kräuterdeckung/Gräserdeckung Verhältnis = Kräuterdeckung/Gräserdeckung

Da sich ein grosser Ausreisser bei den Daten befand (K/G: 9, Fläche: ZH 2090019, Anhang D), wurde das Verhältnis noch mit dem 10er-Logarithmus logarithmiert. So konnten die Werte stark abgeflacht werden und der Ausreisser hatte so weniger Einfluss auf die Analyse.

Log<sub>10</sub>(Kräuterdeckung/Gräserdeckung) Verhältnis = Log<sub>10</sub>(Kräuterdeckung/Gräserdeckung)

### Wertigkeit Vegetation

Der «Wertigkeit Vegetation», welche ein Index für die Diversität der Vegetation bildet, wird durch Vorkommen (Deckungsgrad) von gewissen Arten darstellt. Der Index setzt sich zusammen aus den Deckungsgraden der Rote Liste Arten (Bornard et al., 2016), charakter- und häufige Arten (Delarze et al., 2015) und Schwarzen-/Watch Liste Arten (Buholzer et al., 2014) welche in dieser Arbeit erhoben wurden.

Wertigkeit Vegetation = (4 \* Rote Liste Arten) + (2 \* Charakter Arten) + (1 \* Häufige Arten) + (-4 \* Schwarze- / Watch Liste Arten)



## 2.5 Statistische Analysen

Die Statistische Analyse erfolgte mit dem Statistikprogramm R, Version 3.6.1 (R CORE TEAM, 2018) in Kombination mit RStudio (Version 1.2.5001). Alle statistischen Tests wurden zweiseitig durchgeführt, das Signifikanzniveau wurde auf  $\alpha < 0.05$  festgelegt. Als marginal signifikant wurden Ergebnisse bewertet, die ein Signifikanzniveau von  $0.05 \leq \alpha < 0.10$  haben.

### **Vergleich von Wiesen nach historischer Einteilung in «gute» und «schlechte» Qualität**

Die erste statistische Analyse diente dem Vergleich der historischen Wiesenqualitäten. Hierbei wurden die Qualität «gut» der Qualität «schlecht» gegenübergestellt, um einen Eindruck zu erhalten, ob sich die historischen Beurteilungen der Wiesenqualitäten durch den Kanton nach wie vor unterscheiden und wo die Unterschiede besonders gut feststellbar sind. Hierbei wurden sämtliche Parameter (Tabelle 1, Tabelle 2, Tabelle 3, Tabelle 4, Tabelle 5, Tabelle 6) mittels Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung getestet. Bei gegebener Normalverteilung wurde der Welch-t-Test angewandt. Bei nicht gegebener Normalverteilung wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test durchgeführt.

### **Abhängigkeit der aktuellen Vegetation von Umweltparametern**

Mit der zweiten statistischen Analyse wurden Abhängigkeiten der aktuellen Vegetationsaufnahmen und den daraus entstandenen Diversitäts- und Wertigkeitsmasse (Kapitel 2.4.5, Tabelle 6) von den restlichen Parametern (Tabellen Tabelle 1, Tabelle 2, Tabelle 3, Tabelle 4) berechnet. Es standen für die Untersuchung insgesamt 43 Parameter zur Verfügung. Es ging darum, die Analyse zu vereinfachen und gleichzeitig aussagekräftig zu gestalten. Es wurde deshalb folgende Auswahl getroffen:

- Aus der Tabelle 3 wurde die Höhe (m ü. M) nicht berücksichtigt
- Aus der Tabelle 2 wurde ausschliesslich die Parameter Vegetation Total, Moosschicht und Streu berücksichtigt.
- Aus der Tabelle 5 wurden keine Werte berücksichtigt.

Als abhängige Grössen wurden die Diversitäts- und Wertigkeitsmasse (Kapitel 2.4.5, Tabelle 6) definiert und als unabhängige Grössen, die Parameter aus den Tabellen Tabelle 1, Tabelle 2, Tabelle 3, Tabelle 4, Tabelle 5 mit oben erwähnten ausnahmen.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Übersicht über die Daten

##### **Umwelt-, Bodenchemische- und Vegetationsparameter, Zeigerwerte und artenbezogene Werte (Proxis für unabhängige Grössen)**

Bei den Umweltparametern zeigt die Hangneigung eine grosse Standardabweichung auf (Tabelle 7). Es gibt bei der Hangneigung besonders steile wie auch relativ flache Untersuchungsflächen.

Die Bodenchemischen Werte totaler Kohlenstoff, organischer Kohlenstoff, C/N-Verhältnis und der Phosphor haben die grösste Standardabweichung (Tabelle 7). Der minimale beziehungsweise tiefste pH-Wert liegt bei 5.7. Insgesamt besitzen drei Wiesen pH-Werte von weniger als 6.3. Alle weiteren Wiesen liegen allesamt im Bereich von 6.9 – 7.6 (Tabelle 7).

Bei den Vegetationsparametern ist zu sehen, dass die durchschnittliche Kräuterdeckung ähnlich hoch ist wie die durchschnittliche Gräserdeckung, beide haben aber eine grosse Standardabweichung (Tabelle 7).

Das Minimum und Maximum sämtlicher Zeigerwerte weisen jeweils grosse Differenzen auf. Die Standardabweichungen sind dagegen relativ gering (Tabelle 7).

Die artenbezogenen Werte sind bei den Rote Liste Arten Anzahl und Charakterarten Anzahl besonders niedrig, dagegen sind häufige Arten Anzahl und Deckungsgrad deutlich mehr vertreten (Tabelle 7).

*Tabelle 7 Alle Unabhängige Grössen und deren Mittelwerte, Standardabweichung, Minimum und Maximum der einzelnen Parameter, basierend auf allen untersuchten 1m<sup>2</sup>-Plots (Total n=81).*

|                                  | Mittelwert | Standardabweichung | Minimum | Maximum |
|----------------------------------|------------|--------------------|---------|---------|
| <b>Umweltparameter</b>           |            |                    |         |         |
| Hangneigung                      | 20.5       | 6.7                | 6       | 40      |
| Max. Mikrorelief                 | 5.0        | 2.0                | 1       | 12      |
| Gründigkeit                      | 34.0       | 7.3                | 16      | 55      |
| Mahdhäufigkeit (Weiden = 1 Mahd) | 1.8        | 0.6                | 1       | 3       |
| Meter über Meer (m ü. M)         | 525        | 69                 | 415     | 722     |
| <b>Bodenchemie</b>               |            |                    |         |         |
| C <sub>tot</sub> [%]             | 5.88       | 1.73               | 1.87    | 8.75    |
| C <sub>org</sub> [%]             | 2.74       | 1.15               | 0.19    | 5.63    |
| N [%]                            | 0.34       | 0.08               | 0.19    | 0.62    |
| CN                               | 8.00       | 2.66               | 0.70    | 13.84   |
| mg Phosphor / kg Probe           | 2.77       | 1.55               | 0.11    | 8.68    |
| pH-Wert                          | 7.23       | 0.42               | 5.70    | 7.60    |

| <b>Vegetationsparameter</b>                 |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|
| Vegetation Total (%)                        | 86.7 | 9.5  | 60   | 100  |
| Krautschicht (%)                            | 82.0 | 10.1 | 50   | 95   |
| Kräuter (%)                                 | 60.0 | 13.9 | 20   | 90   |
| Gräser (%)                                  | 50.1 | 16.2 | 10   | 80   |
| Moosschicht (%)                             | 14.7 | 12.8 | 0    | 55   |
| Streu (%)                                   | 31.4 | 12.1 | 10   | 60   |
| <b>Zeigerwerte</b>                          |      |      |      |      |
| gewichtete Temperaturzahl                   | 3.72 | 0.33 | 2.47 | 4.45 |
| gewichtete Kontinentalitätszahl             | 2.92 | 0.28 | 1.80 | 3.47 |
| gewichtete Lichtzahl                        | 3.66 | 0.24 | 3.14 | 4.30 |
| gewichtete Feuchtezahl                      | 2.81 | 0.20 | 2.05 | 3.19 |
| gewichtete Wechselfeuchtezahl               | 1.96 | 0.28 | 1.29 | 2.54 |
| gewichtete Reaktionszahl                    | 3.54 | 0.29 | 2.66 | 4.33 |
| gewichtete Nährstoffzahl                    | 2.84 | 0.36 | 2.01 | 3.55 |
| gewichtete Humuszahl                        | 2.99 | 0.33 | 1.63 | 3.63 |
| gewichtete Durchlüftungszahl                | 2.44 | 0.52 | 1.55 | 4.40 |
| gewichtete Mahdverträglichkeit              | 1.04 | 0.34 | 0.29 | 1.97 |
| gewichtete Konkurrenz Zahl                  | 1.32 | 0.24 | 0.49 | 1.92 |
| gewichtete Stresszahl                       | 0.75 | 0.25 | 0.36 | 1.56 |
| gewichtete Ruderalzahl                      | 0.93 | 0.19 | 0.30 | 1.48 |
| <b>Artenbezogen Werte</b>                   |      |      |      |      |
| Rote Liste Arten Deckungsgrad (%)           | 0.3  | 1.4  | 0    | 10   |
| Rote Liste Arten Anzahl                     | 0.0  | 0.2  | 0    | 1    |
| Schwarze-/Watch-Liste 2014 Deckungsgrad (%) | 0.1  | 0.5  | 0    | 3    |
| Schwarze-/Watch-Liste 2014 Anzahl           | 0.1  | 0.3  | 0    | 1    |
| Charakterarten Deckungsgrad (%)             | 1.0  | 4.9  | 0    | 35   |
| Charakter Arten Anzahl                      | 0.1  | 0.3  | 0    | 2    |
| Häufige Arten Deckungsgrad (%)              | 58.5 | 29.8 | 0    | 124  |
| Häufige Arten Anzahl                        | 5.7  | 2.4  | 0    | 11   |
| Charakter + Häufige Arten Deckungsgrad (%)  | 59.5 | 31.0 | 0    | 129  |
| Charakter + Häufige Arten Anzahl            | 5.8  | 2.6  | 0    | 12   |



### Diversitäts- und Wertigkeitsmasse und Indizes (abhängige Grössen)

Bei den Diversitäts- und Wertigkeitsmasse weist der Parameter «Wertigkeit Vegetation» bestehen sehr ausgeprägte Unterschiede. Sie reichen von einem Minimum von null bis hin zu einem Maximum von 155 (Tabelle 8).

Der Mittelwert der Kräuter-/Gräserdeckung aller Wiesen zeigt, dass die Kräuter eine höhere Deckung aufweisen als die Gräser (K/G 1.46) (Tabelle 8).

Die Artenzahl pro Untersuchungsfläche (1m<sup>2</sup>-Plot) variierte von Minimum acht Arten bis hin zu einem Maximum 32 Arten, durchschnittlich jedoch 20.75 Arten beziehungsweise 21 gerundet (Tabelle 8). Die Summe aller Gefässpflanzen beläuft sich auf insgesamt 116, davon sind 2 Charakter- und 24 Häufige Arten für Mitteleuropäische Halbtrockenrasen, zwei Rote Liste Art (*Aster amellus* L. und *Dipsacus pilosus* L.) und ein Neophyt (*Erigeron annuus* (L.) Desf.).

Das Minimum und Maximum des Shannon Index und der Evenness haben eine grosse Differenz. Die Mittelwerte beider Indizes befinden sich jedoch näher an den jeweiligen Maximalwerten (Tabelle 8).

Tabelle 8 Abhängige Grössen. Mittelwerte, Standardabweichung, Minimum und Maximum der einzelnen Parameter basierend auf den untersuchten 1m<sup>2</sup>-Plots (Total n=81).

|  | Mittelwert | Standardabweichung | Minimum | Maximum |
|--|------------|--------------------|---------|---------|
| <b>Diversitäts- / Wertigkeitsmasse und Indizes</b> |            |                    |         |         |
| Wertigkeit Vegetation                              | 61.19      | 34.29              | 0.00    | 155.00  |
| log10(Kräuterdeckung/Gräserdeckung)                | 0.09       | 0.23               | -0.48   | 0.95    |
| Kräuterdeckung/Gräserdeckung                       | 1.45       | 1.07               | 0.33    | 9.00    |
| Artenzahl  | 20.75      | 4.44               | 8.00    | 32.00   |
| Shannon Index                                      | 2.42       | 0.33               | 1.12    | 3.14    |
| Evenness   | 0.80       | 0.09               | 0.47    | 0.92    |

## 3.2 Statistischen Analysen

### 3.2.1 Vergleich von Wiesen nach historischer Einteilung in «gute» und «schlechte» Qualität

Die Ergebnisse der aktuellen Vegetations- und Bodenanalyse (Tabelle 7 Tabelle 8), eingeteilt nach der historischen Beurteilung in «gute» und «schlechte» Wiesenqualitäten (Tabelle 9), weist nach wie vor einige deutliche Unterschiede auf.

Es hat sich gezeigt, dass die Wiesen guter Qualität eine signifikant grössere Hangneigung aufweisen und weisen signifikant weniger Stickstoff (N) auf (Abbildung 5 und Tabelle 9). Der durchschnittlich pH-Wert ist deutlich basischer bei Wiesen guter Qualität (Durchschnittliche pH-Werte Gut: 7.34, Schlecht: 7.10), dennoch liegen die durchschnittlichen pH-Werte beider Wiesenqualitäten im schwach alkalischen beziehungsweise neutralen Bereich.

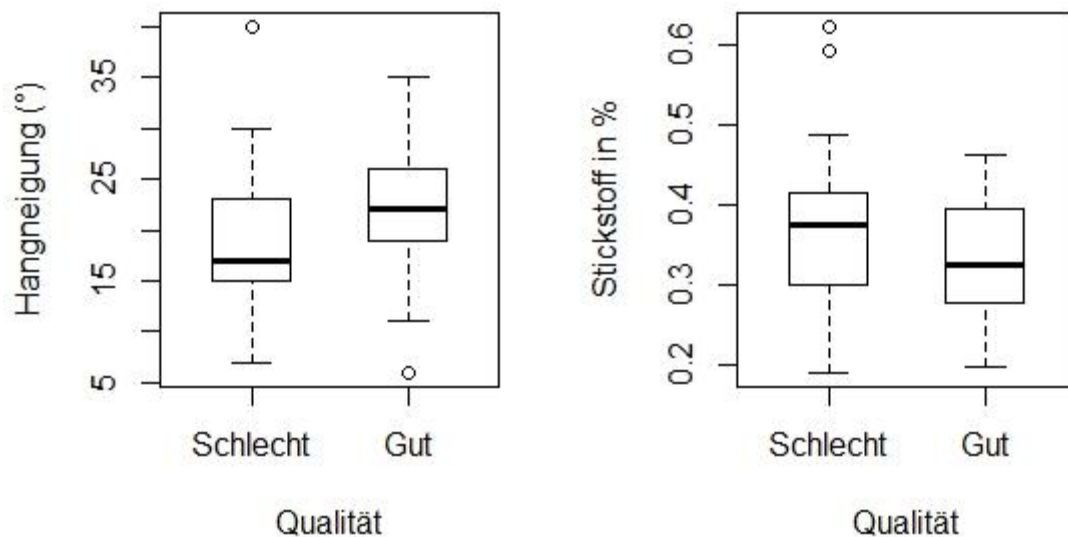


Abbildung 5 Links: Vergleich Hangneigung, Wiesen guter Qualität weisen eine signifikant grössere Hangneigung (Gut: 22°, Schlecht: 18.95°, p-Wert 0.041). Rechts: Vergleich Stickstoff (N), In Wiesen guter Qualität signifikant weniger Stickstoff (N) vorhanden (Gut: 0.32, Schlecht: 0.36, p-Wert 0.031).

Bei den Zeigerwerten befinden sich auch einige, signifikante Unterschiede. Hier ist die signifikant tiefere Lichtzahl (3.59) und die signifikant höhere Nährstoffzahl (3.00) bei den Wiesen guter Qualität augenfällig (Abbildung 6 und Tabelle 9). Der Shannon Index ist bei Wiesen schlechter Qualität signifikant höher und liegt bei 2.46 (Tabelle 9).

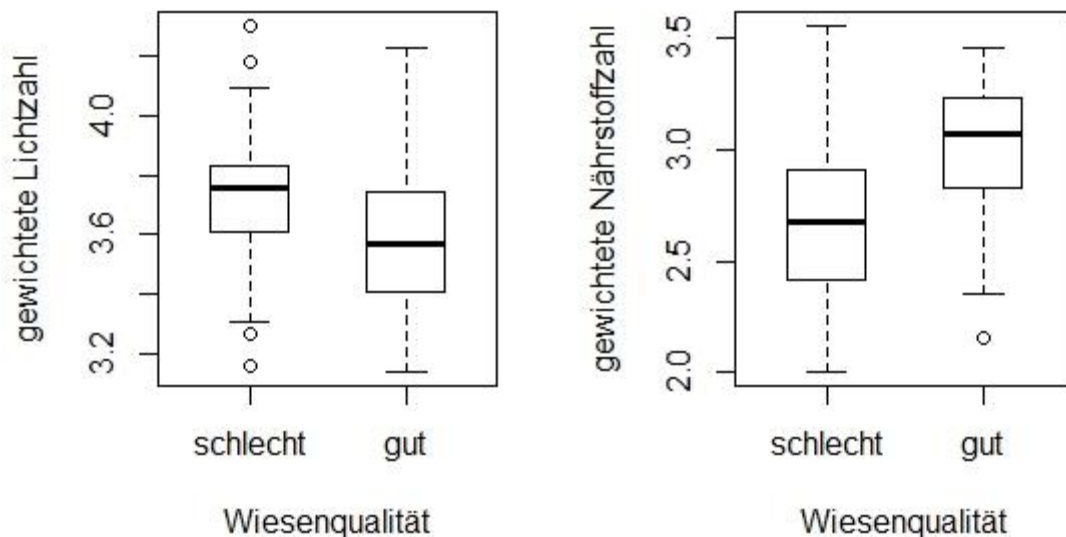


Abbildung 6 Links: Vergleich Lichtzahl, signifikant tiefere Lichtzahl bei Weisen guter Qualität (Gut: 3.59, Schlecht: 3.73, p-Wert 0.010), Rechts: Vergleich Nährstoffzahl, signifikant höhere Nährstoffzahl bei guter Qualität (Gut: 3.00, Schlecht: 2.67, p-Wert <0.001)

Besonders augenfällig ist, dass typische Charakterarten für mitteleuropäischer Halbtrockenrasen, wie auch Pflanzen der Roten Liste, fast ausschliesslich in Wiesen guter Qualität zu finden sind (Tabelle 9). Häufige Arten für mitteleuropäischer Halbtrockenrasen, sind in beiden Wiesenqualitäten zu finden, jedoch in einer deutlich höheren Anzahl und Deckung, in Wiesen guter Qualität (Tabelle 9). Die absolute Artenzahl pro Wiesenqualität unterscheidet sich nicht signifikant. Absolut gesehen, haben Wiesen schlechter Qualität zwar mehr Arten, haben aber auch eine grössere Varianz (Tabelle 9).

Beachtet man den Diversitätsindex «Wertigkeit Vegetation», so sind die Wiesen guter Qualität mit einem signifikant höheren, durchschnittlichen Wert bewertet als die der schlechten Qualität (Abbildung 7 und Tabelle 9).

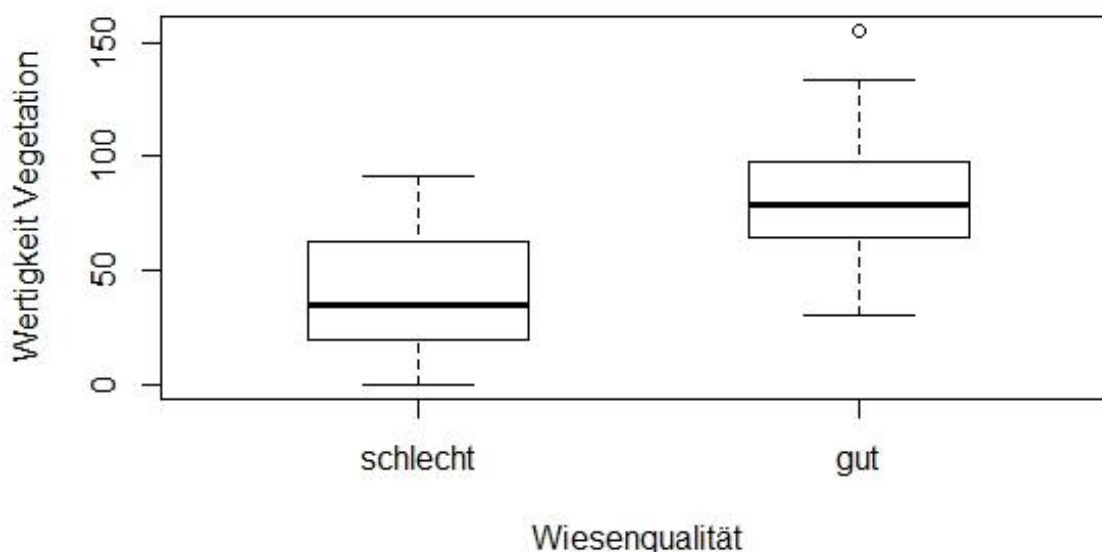


Abbildung 7 Vergleich Wertigkeit Vegetation, es ist eine signifikant höhere Wertigkeit Vegetation in guten Wiesen zu finden als in Wiesen schlechter Qualität (Gut: 81, Schlecht: 40, p-Wert <0.001)

Tabelle 9 Durchschnittswerte und Standardabweichung sämtlicher geprüfter Parameter für beide Wiesenqualitäten. Signifikanzprüfung mit Wilcoxon- oder Welch-t-Test abhängig von Normalverteilung, Grün: signifikant  $\alpha < 0.05$ , Hellgrün: marginal signifikant  $0.05 \leq \alpha < 0.10$

| Umweltparameter                                  | Durchschnitt |          | Standardabweichung |          | Test          | Signifikanz der Tests (p-Wert) |
|--|--------------|----------|--------------------|----------|---------------|--------------------------------|
|  | Gut          | Schlecht | Gut                | Schlecht |               |                                |
| Hangneigung                                      | 22.00        | 18.95    | 6.67               | 6.53     | Welch t.test  | 0.041                          |
| Max. Mikorelief                                  | 5.45         | 4.54     | 2.06               | 1.79     | Wilcoxon Test | 0.045                          |
| Gründigkeit                                      | 33.29        | 34.74    | 7.62               | 6.89     | Wilcoxon Test | 0.431                          |
| Mahdhäufigkeit (Weiden = 1 Mahd)                 | 1.92         | 1.71     | 0.46               | 0.62     | Wilcoxon Test | 0.125                          |
| Meter über Meer (m ü.M)                          | 525          | 525      | 54                 | 84       | Wilcoxon Test | 0.496                          |
|  |              |          |                    |          |               |                                |
| Bodenchemie                                      | Gut          | Schlecht | Gut                | Schlecht | Test          | Signifikanz der Tests (p-Wert) |
| Ctot [%]   | 6.07         | 5.66     | 1.75               | 1.71     | Wilcoxon Test | 0.333                          |
| Corg [%]   | 2.55         | 2.96     | 1.10               | 1.18     | Welch t.test  | 0.113                          |
| N [%]  | 0.32         | 0.36     | 0.07               | 0.09     | Welch t.test  | 0.031                          |
| CN   | 7.93         | 8.07     | 2.92               | 2.40     | Welch t.test  | 0.811                          |
| mg Phosphor / kg Probe                           | 2.43         | 3.13     | 1.23               | 1.78     | Wilcoxon Test | 0.101                          |
| pH-Wert  | 7.34         | 7.10     | 0.20               | 0.54     | Wilcoxon Test | 0.009                          |
|  |              |          |                    |          |               |                                |
| Vegetationsparameter                             | Gut          | Schlecht | Gut                | Schlecht | Test          | Signifikanz der Tests (p-Wert) |
| Vegetation Total (%)                             | 87.81        | 85.59    | 8.81               | 10.16    | Wilcoxon Test | 0.321                          |
| Krautschicht (%)                                 | 82.02        | 81.95    | 10.12              | 10.16    | Wilcoxon Test | 0.950                          |
| Kräuter (%)                                      | 58.93        | 61.15    | 12.07              | 15.66    | Wilcoxon Test | 0.242                          |
| Gräser (%)                                       | 52.38        | 47.71    | 14.83              | 14.83    | Wilcoxon Test | 0.214                          |
| Moosschicht (%)                                  | 15.86        | 13.38    | 11.33              | 14.30    | Wilcoxon Test | 0.045                          |
| Streu (%)  | 35.88        | 26.64    | 11.75              | 10.60    | Wilcoxon Test | <0.001                         |
|  |              |          |                    |          |               |                                |
| Zeigerwerte                                      | Gut          | Schlecht | Gut                | Schlecht | Test          | Signifikanz der Tests (p-Wert) |
| gewichtete Temperaturzahl                        | 3.72         | 3.72     | 0.37               | 0.29     | Welch t.test  | 0.321                          |
| gewichtete Kontinentalitätszahl                  | 2.88         | 2.97     | 0.29               | 0.27     | Welch t.test  | 0.134                          |
| gewichtete Lichtzahl                             | 3.59         | 3.73     | 0.22               | 0.24     | Welch t.test  | 0.010                          |
| gewichtete Feuchtezahl                           | 2.79         | 2.84     | 0.17               | 0.23     | Welch t.test  | 0.226                          |
| gewichtete Wechselfeuchtezahl                    | 1.97         | 1.94     | 0.30               | 0.26     | Welch t.test  | 0.736                          |
| gewichtete Reaktionszahl                         | 3.61         | 3.46     | 0.28               | 0.27     | Welch t.test  | 0.013                          |
| gewichtete Nährstoffzahl                         | 3.00         | 2.67     | 0.29               | 0.35     | Welch t.test  | <0.001                         |
| gewichtete Humuszahl                             | 2.95         | 3.03     | 0.28               | 0.37     | Wilcoxon Test | 0.064                          |
| gewichtete Durchlüftungszahl                     | 2.40         | 2.48     | 0.52               | 0.53     | Welch t.test  | 0.367                          |
| gewichtete Mahdverträglichkeit                   | 1.08         | 0.99     | 0.29               | 0.37     | Welch t.test  | 0.258                          |
| gewichtete Konkurrenz Zahl                       | 1.39         | 1.24     | 0.20               | 0.26     | Wilcoxon Test | 0.001                          |
| gewichtete Stresszahl                            | 0.67         | 0.83     | 0.22               | 0.27     | Wilcoxon Test | 0.002                          |
| gewichtete Ruderalzahl                           | 0.94         | 0.92     | 0.13               | 0.24     | Wilcoxon Test | 0.545                          |
|  |              |          |                    |          |               |                                |
| Artenbezogene Werte                              | Gut          | Schlecht | Gut                | Schlecht | Test          | Signifikanz der Tests (p-Wert) |
| Rote Liste Arten Deckungsgrad (%)                | 0.4          | 0.1      | -                  | -        | Wilcoxon Test | 0.345                          |
| Rote Liste Arten Anzahl                          | 0.1          | 0.0      | -                  | -        | Wilcoxon Test | 0.351                          |
| Schwarze-/Whatch-Liste 2014 Deckungsgrad (%)     | 0.0          | 0.3      | -                  | -        | Wilcoxon Test | 0.004                          |
| Schwarze-/Whatch-Liste 2014 Anzahl               | 0.0          | 0.2      | -                  | -        | Wilcoxon Test | 0.004                          |
| Charakterarten Deckungsgrad (%)                  | 2.0          | 0.0      | -                  | -        | Wilcoxon Test | 0.008                          |
| Charakter Arten Anzahl                           | 0.2          | 0.0      | -                  | -        | Wilcoxon Test | 0.008                          |
| Häufige Arten Deckungsgrad (%)                   | 75.1         | 40.6     | -                  | -        | Wilcoxon Test | <0.001                         |
| Häufige Arten Anzahl                             | 7.0          | 4.3      | -                  | -        | Welch t.test  | <0.001                         |
| Charakter + Häufige Arten Deckungsgrad (%)       | 77.1         | 40.6     | -                  | -        | Welch t.test  | <0.001                         |
| Charakter + Häufige Arten Anzahl                 | 7.1          | 4.3      | -                  | -        | Welch t.test  | <0.001                         |
|  |              |          |                    |          |               |                                |
| Diversitäts- / Wertigkeitsmasse und Indizes      | Gut          | Schlecht | Gut                | Schlecht | Test          | Signifikanz der Tests (p-Wert) |
| Wertigkeit Vegetation                            | 81           | 40       | 27.1               | 28.0     | Welch t.test  | <0.001                         |
| Kräuterdeckung/Gräserdeckung                     | 1.27         | 1.64     | 0.60               | 1.39     | Wilcoxon Test | 0.202                          |
| log <sub>10</sub> (Kräuterdeckung/Gräserdeckung) | 0.06         | 0.12     | 0.19               | 0.27     | Welch t.test  | 0.253                          |
| Artenzahl  | 20.43        | 21.10    | 4.10               | 4.81     | Welch t.test  | 0.501                          |
| Shannon Index                                    | 2.37         | 2.46     | 0.23               | 0.42     | Wilcoxon Test | 0.022                          |
| Evenness   | 0.79         | 0.81     | 0.07               | 0.10     | Wilcoxon Test | 0.101                          |

### 3.2.2 Zusammenhänge mit den Diversitäts- und Wertemasse

#### Umweltparameter

Die Artenzahl und der  $\text{Log}_{10}(\text{Kräuterdeckung/Gräserdeckung})$  haben einen signifikanten Zusammenhang mit der Hangneigung und nehmen bei steigender Hangneigung, ab ( $\text{Artenzahl}=25-0.2x$ ,  $p = 0.005$  /  $\text{Log}_{10}(K/G)=0.26-0.01x$ ,  $p = 0.029$ ). Das Gegenteil geschieht bei der Wertigkeit Vegetation (WV). Die Wertigkeit Vegetation zwar ebenfalls einen signifikanten Zusammenhang mit der Hangneigung, die Wertigkeit Vegetation steigt jedoch bei steigender Hangneigung ( $\text{WV}=29.42+1.55x$ ,  $p = 0.006$ ). Ebenfalls steigt die Wertigkeit Vegetation, bei höherem Maximalen Mikrorelief ( $\text{WV}=44.57+3.32x$ ,  $p = 0.087$ ). Dieser Zusammenhang ist jedoch nur marginal signifikant ( $p = 0.087$ ) (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** und Tabelle 10).

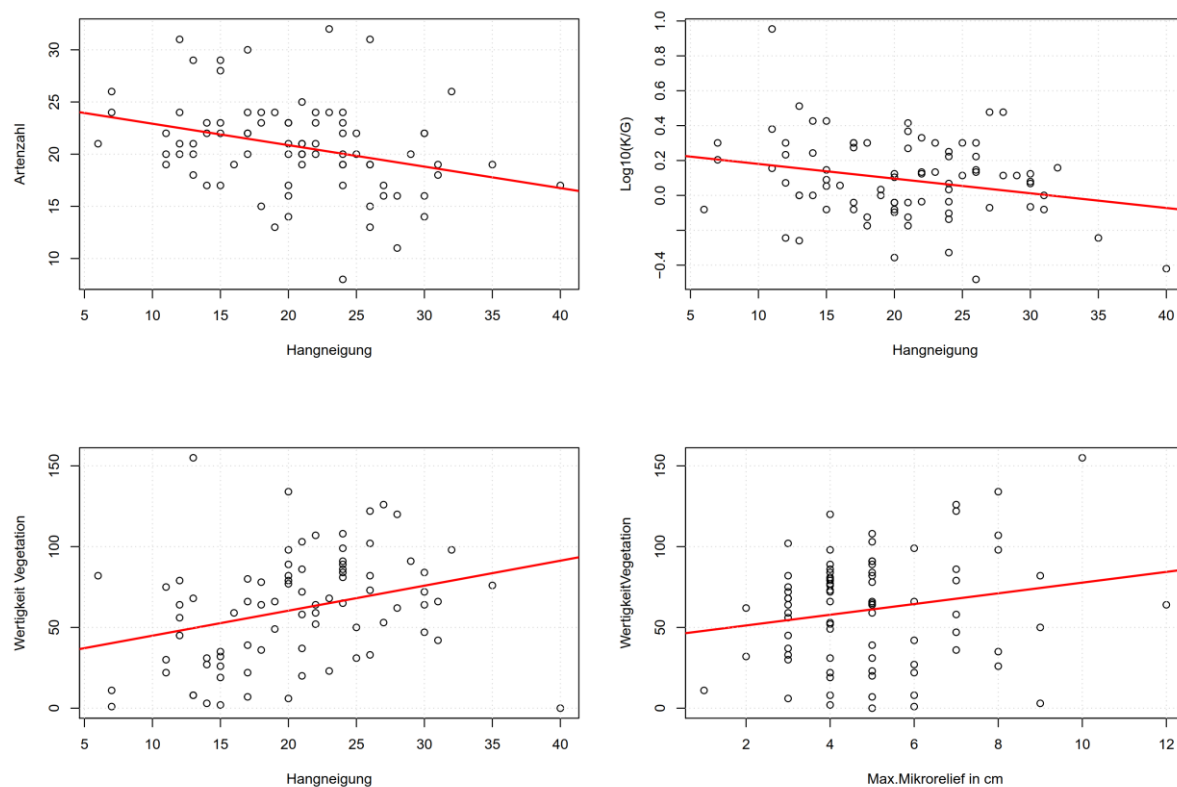


Abbildung 8 Oben links: Regression Artenzahl mit Hangneigung,  $\text{Artenzahl}=22.3-0.6x$ ,  $p = 0.084$ , oben rechts: Regression  $\text{Log}_{10}(\text{Kräuterdeckung/Gräserdeckung})$  mit Hangneigung,  $\text{Log}_{10}(K/G)=0.26-0.01x$ ,  $p = 0.029$ , unten links: Regression Wertigkeit Vegetation mit Hangneigung,  $\text{Wertigkeit Vegetation}=29.42+1.55x$ ,  $p = 0.006$ , unten rechts: Regression Wertigkeit Vegetation mit Max. Mikrorelief,  $\text{Wertigkeit Vegetation}=44.57+3.32x$ ,  $p = 0.087$

### Bodenchemische Parameter

Ein signifikanter Zusammenhang mit der Wertigkeit Vegetation ist bei den beiden Bodenchemischen Parameter Stickstoff (N) und organischer Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) zu sehen. Die Wertigkeit Vegetation sinkt in beim Anstieg von Stickstoff (N) ( $WV=96.72-103.35x$ ,  $p = 0.023$ ) und organischem Kohlenstoff ( $C_{org}=79.49-6.67x$ ,  $p = 0.045$ ) (Tabelle 10). Steigt der Anteil Phosphor (P) im Boden, negativen Einfluss auf die Artenzahl, jedoch nur marginal signifikant ( $Artenzahl=22.3-0.6x$ ,  $p = 0.084$ ) (Tabelle 10).

### Vegetationsparameter

Bei den Vegetationsparametern die Moosdeckung einen negativen Zusammenhang auf die Artenzahl, denn sie sinkt ( $Artenzahl=22.7-0.13x$ ,  $p = <0.001$ ) und bei der Wertigkeit Vegetation (WV) dagegen einen positiven Zusammenhang ( $WV=53.82+0.5x$ ,  $p = <0.093$ ). Das Streu ebenfalls einen positiven Zusammenhang auf die Wertigkeit Vegetation ( $WV=21.92+1.25x$ ,  $p = <0.001$ ), wo es hingegen beim  $\log_{10}(\text{Kräuterdeckung/Gräserdeckung})$  einen negativen Zusammenhang hat ( $\log_{10}(K/G)=0.32-0.01x$ ,  $p = <0.001$ ) (Tabelle 10).

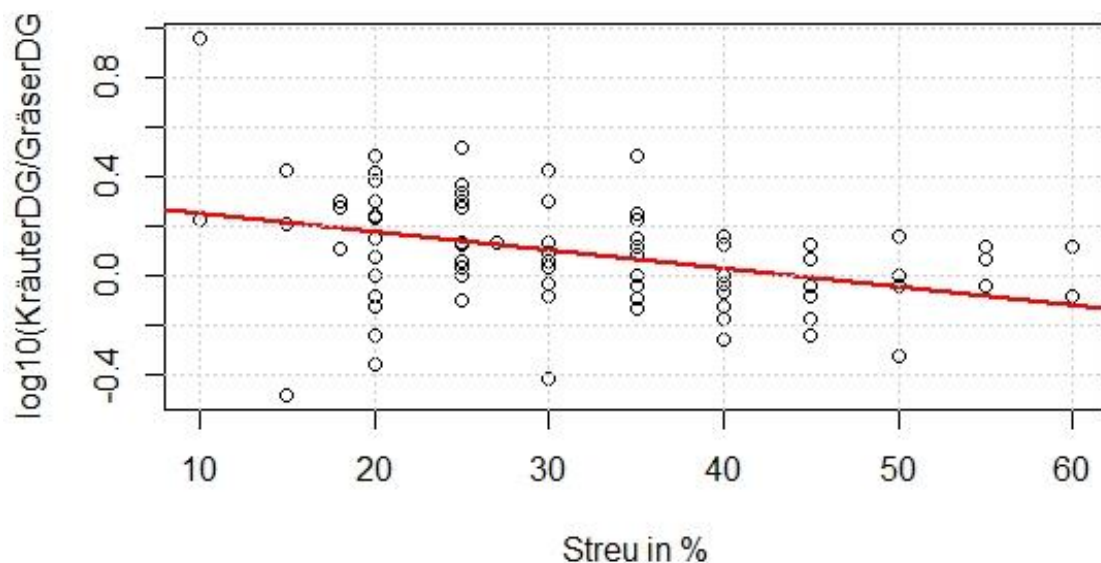


Abbildung 9 Regression zwischen  $\log_{10}(\text{Kräuterdeckung/Gräserdeckung})$  und Streudeckung, signifikant negativer Zusammenhang ( $\log_{10}(K/G)=0.32-0.01x$ ,  $p = <0.001$ ), bei steigender Streudeckung sinkt der  $\log_{10}(\text{Kräuterdeckung/Gräserdeckung})$

**Zeigerwerte**

Steigt die Kontinentalitäts- und Lichtzahl, steigt der  $\text{Log}_{10}(\text{Kräuterdeckung/Gräserdeckung})$  und die Evenness ebenfalls (Tabelle 10). Das Gegenteil geschieht mit der Wertigkeit Vegetation, sie sinkt nämlich (Tabelle 10).

Ebenfalls völlig unterschiedlich verhalten sich der  $\text{Log}_{10}(\text{Kräuterdeckung/Gräserdeckung})$  und die Wertigkeit Vegetation bei den Zeigerwerten Wechselfeuchtezahl, Reaktionszahl und Nährstoffzahl. Der  $\text{Log}_{10}(\text{Kräuterdeckung/Gräserdeckung})$  sinkt bei der Zunahme der genannten Zeigerwerte und die Wertigkeit Vegetation steigt (Tabelle 10). Die Evenness verhält sich bei den genannten Zeigewerten ebenfalls so wie der  $\text{Log}_{10}(\text{Kräuterdeckung/Gräserdeckung})$  und sinkt (Tabelle 10).

Einen signifikanten Zusammenhang ( $p = 0.006$ ) hat die Artenzahl mit der Feuchtezahl und einen marginal signifikanten Zusammenhang ( $p = 0.075$ ) hat die Humuszahl mit der Artenzahl. In beiden Fällen steigt die Artenzahl an beim Anstieg der beiden Zeigerwerte (Tabelle 10).

Insgesamt zeigen der  $\text{Log}_{10}(\text{Kräuterdeckung/Gräserdeckung})$ , Wertigkeit Vegetation und die Evenness die meisten Zusammenhänge mit den Zeigerwerten (Tabelle 10).

Tabelle 10 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Regressionen mit Funktionsgleichungen und p-Werten. Die Farbe beziehungsweise Steigung gibt die Richtung des Effekts an. Grün: Steigung signifikant  $\alpha < 0.05$ , Hellgrün: Steigung marginal signifikant  $0.05 \leq \alpha < 0.10$ , Rot: Gefälle Signifikant  $\alpha < 0.05$ , Hellrot: Gefälle marginal signifikant  $0.05 \leq \alpha < 0.10$

| Abhängige Grössen →<br>Unabhängige Grössen ↓ | Artenzahl |                           | log <sub>10</sub> (Krautdeckung/ Grasdeckung) |   | Wertigkeit Vegetation |   | Evenness |                         |
|--|-----------|---------------------------|---|---|-----------------------|---|----------|-------------------------|
| Umweltparameter                              | p-Wert    | Funktionsgleichung        | p-Wert  | Funktionsgleichung                      | p-Wert                | Funktionsgleichung                      | p-Wert   | Funktionsgleichung      |
| Hangneigung                                  | 0.005     | Artenzahl = 25 - 0.2x     | 0.029   | log <sub>10</sub> (K/G) = 0.26 - 0.01x  | 0.006                 | Wertigkeit Vegetation = 29.42 + 1.55x   | 0.158    |                         |
| Max. Mikrorelief                             | 0.238     |                           | 0.549   |   | 0.087                 | Wertigkeit Vegetation = 44.57 + 3.32x   | 0.327    |                         |
| Gründigkeit                                  | 0.139     |                           | 0.144   |   | 0.867                 |   | 0.145    |                         |
| Mahdhäufigkeit (Weiden = 1 Mahd)             | 0.197     |                           | 0.140   |   | 0.349                 |   | 0.234    |                         |
|  |           |                           |   |   |                       |   |          |                         |
| <b>Bodenchemie</b>                           |           |                           |   |   |                       |   |          |                         |
| Ctot [%]                                     | 0.899     |                           | 0.816   |   | 0.734                 |   | 0.494    |                         |
| Corg [%]                                     | 0.421     |                           | 0.236   |   | 0.045                 | Wertigkeit Vegetation = 79.49 - 6.67x   | 0.282    |                         |
| N [%]  | 0.458     |                           | 0.851   |   | 0.023                 | Wertigkeit Vegetation = 96.72 - 103.35x | 0.691    |                         |
| C/N  | 0.591     |                           | 0.142   |   | 0.392                 |   | 0.389    |                         |
| mg Phosphor / kg Probe                       | 0.084     | Artenzahl = 22.3 - 0.6x   | 0.335   |   | 0.819                 |   | 0.817    |                         |
| pH-Wert                                      | 0.999     |                           | 0.253   |   | 0.350                 |   | 0.695    |                         |
|  |           |                           |   |   |                       |   |          |                         |
| <b>Vegetationsparameter</b>                  |           |                           |   |   |                       |   |          |                         |
| Vegetation Total (%)                         | 0.073     | Artenzahl = 12.6 + 0.1x   | 0.899   |   | 0.310                 |   | 0.687    |                         |
| Moosschicht (%)                              | <0.001    | Artenzahl = 22.7 - 0.13x  | 0.722   |   | 0.093                 | Wertigkeit Vegetation = 53.82 + 0.5x    | 0.010    | Evenness = 0.83 + x     |
| Streu (%)                                    | 0.132     |                           | <0.001  | log <sub>10</sub> (K/G) = 0.32 - 0.01x  | <0.001                | Wertigkeit Vegetation = 21.92 + 1.25x   | 0.001    | Evenness = 0.89 + x     |
|  |           |                           |   |   |                       |   |          |                         |
| <b>Zeigerwerte</b>                           |           |                           |   |   |                       |   |          |                         |
| gewichtete Temperaturzahl                    | 0.582     |                           | 0.922   |   | 0.200                 |   | 0.047    | Evenness = 1.02 - 0.06x |
| gewichtete Kontinentalitätszahl              | 0.505     |                           | <0.001  | log <sub>10</sub> (K/G) = -0.91 + 0.34x | 0.002                 | Wertigkeit Vegetation = 180.84 - 40.95x | 0.001    | Evenness = 0.47 + 0.11x |
| gewichtete Lichtzahl                         | 0.391     |                           | 0.009   | log <sub>10</sub> (K/G) = -0.93 + 0.28x | <0.001                | Wertigkeit Vegetation = 318.66 - 70.38x | 0.024    | Evenness = 0.46 + 0.09x |
| gewichtete Feuchtezahl                       | 0.006     | Artenzahl = 1.8 + 6.74x   | 0.014   | log <sub>10</sub> (K/G) = 0.98 - 0.32x  | 0.443                 |   | 0.053    | Evenness = 0.46 + 0.09x |
| gewichtete Wechselfeuchtezahl                | 0.297     |                           | 0.040   | log <sub>10</sub> (K/G) = 0.47 - 0.19x  | 0.038                 | Wertigkeit Vegetation = 5.19 + 28.64x   | 0.013    | Evenness = 0.97 - 0.09x |
| gewichtete Reaktionszahl                     | 0.120     |                           | <0.001  | log <sub>10</sub> (K/G) = 1.28 - 0.33x  | 0.001                 | Wertigkeit Vegetation = -96.28 + 44.51x | 0.011    | Evenness = 1.11 - 0.09x |
| gewichtete Nährstoffzahl                     | 0.919     |                           | <0.001  | log <sub>10</sub> (K/G) = 0.84 - 0.26x  | <0.001                | Wertigkeit Vegetation = -94.84 + 54.86x | 0.006    | Evenness = 1.02 - 0.08x |
| gewichtete Humuszahl                         | 0.075     | Artenzahl = 12.77 + 2.67x | 0.321   |   | 0.136                 |   | 0.001    | Evenness = 0.51 + 0.1x  |
| gewichtete Durchlüftungszahl                 | 0.318     |                           | 0.023   | log <sub>10</sub> (K/G) = -0.18 + 0.11x | 0.421                 |   | 0.806    |                         |
| gewichtete Mahdverträglichkeit               | 0.338     |                           | 0.248   |   | 0.881                 |   | 0.174    |                         |
| gewichtete Konkurrenz Zahl                   | 0.970     |                           | 0.245   |   | <0.001                | Wertigkeit Vegetation = -23.70 + 64.4x  | 0.291    |                         |
| gewichtete Stresszahl                        | 0.436     |                           | 0.582   |   | <0.001                | Wertigkeit Vegetation = 99.90 - 51.65x  | 0.011    | Evenness = 0.73 + 0.1x  |
| gewichtete Ruderalzahl                       | 0.272     |                           | 0.025   | log <sub>10</sub> (K/G) = 0.38 - 0.31x  | 0.460                 |   | 0.375    |                         |

a



## 4 Diskussion

### 4.1 Unterschiede zwischen historischen Wiesenqualitäten

Die Anzahl Gefässpflanzen pro Untersuchungsfläche (1m<sup>2</sup>-Plot) liegt mit durchschnittlich 21 Arten leicht unter dem zu erwartenden Durchschnitt von ungefähr 24 Gefässpflanzen (Dengler et al., 2020, noch nicht publiziert), die für meso-xerische Vegetationstypen zu erwarten wären.

Vergleicht man noch die Wiesen guter und schlechter Qualität miteinander, weisen schlechte Wiesen durchschnittlich mehr Arten auf, jedoch nicht signifikant ( $p = 0.501$ ), haben aber auch eine grössere Varianz (Tabelle 9).

Dass die Artenzahl nicht mit der Güte der vorkommenden Arten einhergeht, zeigt sich beim Vergleich der artenbezogenen Werte (Tabelle 9). Hier sind die Charakterarten und Rote-Liste-Arten ausschliesslich in den Wiesen guter Qualität vertreten (Tabelle 9). Darüber hinaus sind häufige Arten in Anzahl und Deckung in Wiesen guter Qualität mehr vertreten als in Wiesen schlechter Qualität (Tabelle 9). Als logische Folge ist deshalb der Parameter Wertigkeit Vegetation in Wiesen guter Qualität signifikant höher als in Wiesen schlechter Qualität (Tabelle 9). Somit ist die Artenzahl leicht höher in den Wiesen schlechter Qualität, wohingegen die Güte der Vegetation auf Wiesen guter Qualität höher ist und dort mehr Rote-Liste-Arten und Charakterarten anzutreffen sind.

#### **Hangneigung**

Im Vergleich weisen die Wiesen guter Qualität eine stärkere Hangneigung auf als die Wiesen schlechter Qualität. Das könnte ein möglicher Grund für die Unterschiede in der Anzahl Rote-Liste-Arten sein. Den Zusammenhang zwischen Hangneigung und Rote-Liste-Arten wurde bereits in einer anderen Studie festgestellt. Olsson et al. (2009) fanden ebenfalls mehr Rote-Listen-Arten bei stärkerer Hangneigung. Gleichzeitig aber stieg bei Olsson et al. (2009) mit der Hangneigung auch die Artenzahl. In dieser Arbeit konnte nur den Zusammenhang mit der Rote-Liste-Arten bestätigt werden, nicht aber jener mit der Artenzahl (Tabelle 9).

#### **Streudeckung**

Die Streudeckung ist bei Wiesen guter Qualität signifikant höher (Tabelle 9) und könnte möglicherweise ebenfalls einen Einfluss auf die geringere Artenzahl haben. Foster & Gross (1998) haben in ihrer Untersuchung den Einfluss der Streudeckung auf die Artenzahl und den Setzlingen von krautigen Pflanzen beschrieben. Sie haben untersucht, wie sich die Zugabe von Stickstoff und der damit resultierenden Vegetations-Biomassensteigerung auf die Artenzahl der krautigen Pflanzen auswirkt. Eine hohe Streudeckung hat eine hemmende Wirkung auf die Ansiedlung neuer Setzlinge krautiger Pflanzen und kann so die Artenvielfalt redu-

zieren. Weiter beschreiben Foster & Gross (1998), dass eine höhere Streudeckung und Vegetations-Biomasse signifikant weniger Licht auf den Boden lässt und so die Ansiedlung neuer Pflanzen und Artenvielfalt hemmen kann. Die Streudeckung der in dieser Arbeit untersuchten Wiesen könnten, basierend auf die Untersuchung von Foster & Gross (1998), möglicherweise die unterschiedliche Artenzahl mitbegründen den tatsächlich haben die Wiesen guter Qualität eine höhere Biomasse (Vegetation Total) und eine erhöhte Streudeckung (Tabelle 9).

## **Bodenchemie**

Die Bodenchemische Analyse brachte zwei signifikante Unterschiede hervor. Zum einen haben Wiesen guter Qualität signifikant weniger Stickstoff (N), und zum anderen haben sie einen signifikant höheren pH-Wert (Tabelle 9).

Der Gehalt an pflanzenverfügbarem Stickstoff in den Böden ist Teil unzähliger Studien und Berichten und wird oft als Treiber von Artenverlust beschrieben (z.B. Bobbink et al., 1998; Critchley et al., 2002; De Schrijver et al., 2011; Foster & Gross, 1998; Kägi et al., 2002).

Demgegenüber beobachtete Briemle (2006) in seiner Langzeit Untersuchung über 22 Jahren hingegen, dass Wiesen mit einer leichten Düngung (NPK-Dünger) eine höhere Artenzahl beherbergten. Ob nun ein Zusammenhang von Stickstoff (N) mit der Artenzahl oder der Rote-Liste-Arten beziehungsweise Charakter- und Häufige Arten (Wertigkeit Vegetation, Kapitel 2.4.5) besteht, wird im nachfolgenden Kapitel 4.2 genauer diskutiert.

Die Diskrepanz des Stickstoffgehalts beider Wiesenqualitäten ist nicht endgültig erklärbar, dennoch konnten mögliche Ursachen herausgefunden werden.

Beide Hauptnährelemente Stickstoff (N) und Phosphor (P) sind in einer grösseren Menge in Wiesen schlechter Qualität vorhanden und beide können durch Düngerbeigabe in den Boden gelangen und auch durch Atmosphärische Stickstoffeinträge (Finck, 2007). Die Diskrepanz des Stickstoffgehaltes kann aber mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht durch atmosphärischen Stickstoffeinträge (Bobbink et al., 1998) begründet werden, da die beiden Wiesenqualitäten teilweise sehr nahe beieinander oder sogar angrenzend aneinander lagen. Viel wahrscheinlicher ist, dass der Unterschied von der Bewirtschaftung in der Vergangenheit, also vor der Aufnahme in das Inventar, herrührt. Dies weil die Wiesen guter Qualität vermutlich deutlich länger als Trockenwiese bewirtschaftet werden als die Wiesen schlechter Qualität. Weiter könnte der erhöhte Nährstoffgehalt von negativen Randeffekten durch unmittelbar umliegende landwirtschaftliche Nutzflächen wie Acker entspringen (Baier & Tischew, 2004).

Diese Annahme kann durchaus zutreffen, da aus Gesprächen mit den Bewirtschaftern herausging, dass gewisse Wiesen schlechter Qualität, frisch oder teilweise noch gar nicht zum Inventar der Trockenwiesen und -weiden, regionaler

Bedeutung gehören. Zudem waren einige Wiesen schlechter Qualität, sehr kleinflächig, schmal oder direkt angrenzend an intensiv genutzter Landwirtschaftlicher Nutzflächen. Ein plausibler Grund für die erhöhten Stickstoff- und Phosphorgehalte könnten negative Randeffekten (Baur, 2003) sein oder auch durch die vorherige Bewirtschaftung, bei der möglicherweise noch gedüngt wurde. Die Eutrophierung von Trockenwiesen, bedingt durch anliegende Ackerflächen bestätigte auch Baier & Tischew (2004). Baier & Tischew (2004) fanden heraus, dass je näher die Ackerfläche von der Trockenwiese ist desto höher ist der Eutrophierungsgrad der Trockenwiesen.

Die beiden pH-Werte unterscheiden sich signifikant voneinander, trotzdem liegen sie mit einem Wert von 7.34 bei guten beziehungsweise 7.10 bei schlechten Wiesenqualitäten immer noch im schwach alkalischen beziehungsweise neutralen Bereich (Finck, 2007). Hier ist es interessant zu sehen, dass trotz des signifikanten pH-Wert der Wiesen guter Qualität, die Artenvielfalt nicht höher ist. Auch bei den Ergebnissen der Forschenden gehen die Resultate in beide Richtungen. So beobachteten Critchley et al. (2002) und Pärtel (2002) einen positiven Zusammenhang von pH-Wert und Artenzahl. Andere Forschende wie beispielsweise Schuster & Diekmann (2003) beobachteten dass die Artenvielfalt eine «Buckelkurve» aufweist und die höchste Artenvielfalt sich bei pH 5-6 befand.

### **Zeigerwerte**

Die Zeigerwerte weisen an einigen Stellen signifikante Unterschiede auf (Tabelle 9). Konsequentermaßen ist die Reaktionszahl bei den Wiesen guter Qualität signifikant höher. Dieser Wert wird daher führen, da der pH-Wert der Böden ebenfalls signifikant höher ist bei Wiesen guter Qualität (Tabelle 9).

Es mag auf den ersten Blick erstaunen, dass die durchschnittliche Lichtzahl signifikant tiefer und die durchschnittliche Nährstoffzahl signifikant höher ist bei Wiesen guter Qualität (Tabelle 9).

Die durchschnittliche Feuchtezahl weist hingegen keine signifikanten Unterschiede auf. Boch et al. (2019) stellte in seiner Studie über Trockenwiesen und -weiden in der Schweiz von nationaler Bedeutung fest, dass bei der Folgeerhebung zehn Jahre später die durchschnittliche Lichtzahl abgenommen und sich die durchschnittliche Nährstoffzahl erhöht hatte. Er deutet diese Änderung über den Zeitraum von zehn Jahren als Abnahme der Qualität dieses Lebensraumes.

Möglicherweise rühren Resultate der vorliegenden Arbeit daher, dass die Wiesen guter Qualität die seit längerer Zeit als Trockenwiese und -weiden nationaler Bedeutung bewirtschaftet werden.

Da es sich um die Vegetationsaufnahmen in dieser Arbeit um Momentan Aufnahmen beziehungsweise Ersterhebungen handelt, ist der Vergleich mit Boch et al. (2019) lediglich ein Erklärungsansatz und könnte mit einer Folgeerhebung zu einem späteren Zeitpunkt angegangen werden.

## 4.2 Abhängigkeit der aktuellen Wiesenqualität von Umweltfaktoren

### **Umweltparameter**

Die Artenzahl und der  $\text{Log}_{10}(\text{Kräuterdeckung/Gräserdeckung})$  hängen stark mit der Hangneigung zusammen und nehmen bei grösser werdenden Hangneigung ab (Abbildung 8 und Tabelle 10). Ganz im Gegenteil zur Wertigkeit Vegetation (Kapitel 2.4.5), die bei grösser werdenden Hangneigung zunimmt (Abbildung 8 und Tabelle 10).

Teile dieser Ergebnisse decken sich mit den Ergebnissen von Olsson et al. (2009) der in seiner Studie auch festgestellt hat, dass das Vorkommen von Rote-Liste-Arten positiv mit der Hangneigung zusammenhängt. Im Unterschied zu Olsson et al. (2009), verhältet sich die Artenzahl in dieser Arbeit genau umgekehrt und nimmt mit grösser werdenden Hangneigung ab. Eine Artenzahl Abnahme beschrieb Turtureanu et al. (2014) in seiner Studie und fand heraus, dass steigende Hangneigung negativ mit der Artenzahl zusammenhängt bei kleinen Vegetations-Aufnahmeflächen von 1-10m<sup>2</sup>. Die Diskrepanz könnte so erklärt werden, dass die wirklich typischen und seltenen Arten für Trockenwiesen und -weiden sich auf steilen Hängen eher zurecht finden und triviale Arten sich weniger zurecht finden, da die steileren Hänge kein passendes Habitat mehr für sie boten.

Das Maximale Makrorelief hat mit der Wertigkeit Vegetation ebenfalls einen positiven Zusammenhang. Genau wie es auch Turtureanu et al. (2014) bestätigte, hat eine höhere Heterogenität der Bodenstruktur eine begünstigende Wirkung auf die typischen und seltenen Arten (Wertigkeit Vegetation) zu haben.

### **Vegetationsparameter**

Die Streudeckung hatte einen negativen Zusammenhang mit dem  $\text{Log}_{10}(\text{Kräuterdeckung/Gräserdeckung})$  und drückt sich so aus, dass bei steigender Streu die Kräuterdeckung abnimmt (Tabelle 10). Die Streudeckung wurde bereits in anderen Studien (z.B. Foster & Gross, 1998; Ruprecht & Szabó, 2012) als negativer Einflussfaktor auf die Ausbreitung und Etablierung von Samen der krautigen Pflanzen beschrieben. Die Streudeckung wirkt als «Falle» für die Samen und kann verhindern dass sie auf den Boden gelangen (Ruprecht & Szabó, 2012). Auch wirkt Die Streudeckung als mechanische Barriere und kann eine hemmende Wirkung auf die Keimlinge der krautigen Pflanzen haben (Foster & Gross, 1998). Die Streudeckung hat zwar keinen signifikanten negativen Zusammenhang mit Artenzahl (Tabelle 10), wohl aber ist zu bemerken, dass die Wiesen guter Qualität durchschnittlich weniger Arten beinhalten und eine höhere durchschnittliche Streudeckung aufweisen (Tabelle 9). Die Kumulation der Streu könnte aus zu extensiver Nutzung der Weisen (Röder et al., 2006; WallisDeVries et al., 2002) entspringen und durch Lichtmangel am Boden und der schwierigen Ausgangslage für krautige Pflanzen zu einer Vergrasung der Vegetation führen (Röder et al., 2006;

Ruprecht & Szabó, 2012) und zu einem Rückgang der lichtbedürftigen, typischen Trockenwiesenarten führen (Röder et al., 2006). Diese Folge begründet auch, wieso das bei Abnahme des  $\text{Log}_{10}(\text{Kräuterdeckung}/\text{Gräserdeckung})$ , die durchschnittliche Lichtzahl ebenfalls abnimmt (Tabelle 10).

Vergleicht man Die Streudeckung mit der durchschnittlichen Lichtzahl, ist die Regression signifikant negativ und deutet klar darauf hin, dass Die Streudeckung einen negativen Einfluss auf die Lichtzahl hat (Abbildung 10).

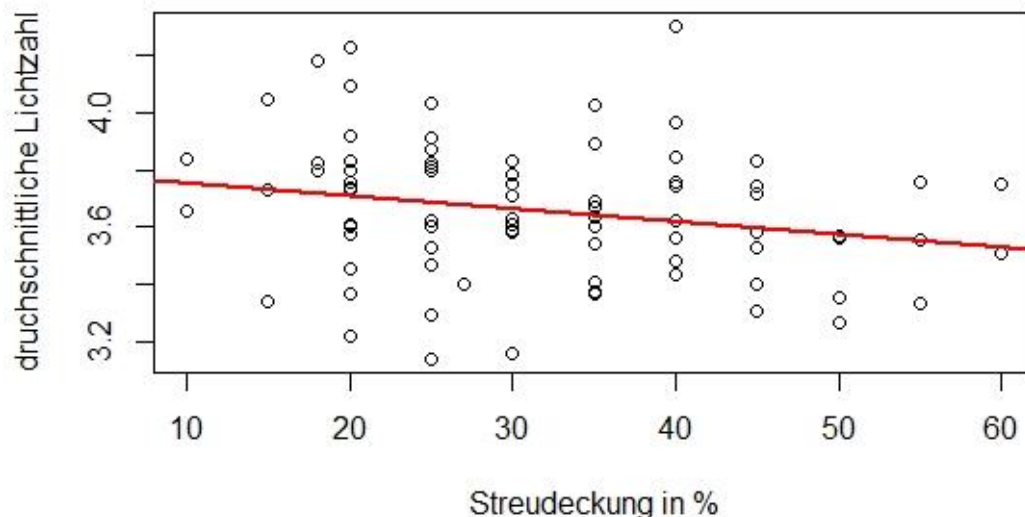


Abbildung 10 Regression der Streudeckung mit durchschnittlichen Lichtzahl,  $\text{Lichtzahl} = 3.8 - 0.005x$ ,  $p = 0.042$ . Die durchschnittliche Lichtzahl ist negativ durch die Streudeckung beeinflusst.

Die signifikant tiefere durchschnittliche Lichtzahl bei Wiesen guter Qualität könnte möglicherweise durch die signifikant höhere Streudeckung begründet werden (Tabelle 9), da die Streudeckung einen augenscheinlichen Einfluss auf die durchschnittliche Lichtzahl hat (Abbildung 10).

Ein Widerspruch zeigt sich mit der Wertigkeit Vegetation, die durch Die Streudeckung positiv beeinflusst ist (Tabelle 10). Wie dieser Widerspruch zustande kommt lässt sich im Rahmen dieser Arbeit nicht abschliessend sage. Möglich ist, dass die Wertigkeit Vegetation und die Streudeckung gar keinen Kausalzusammenhang haben. Dies müsste in einer weiteren Arbeit genauer untersucht werden.

## Bodenchemie

Der Anteil Phosphor im Boden hat einen marginal signifikanten, negativen Zusammenhang mit der Artenzahl und ist der einzige Bodenchemische Parameter der überhaupt einen signifikanten Zusammenhang mit der Artenzahl aufweist (Tabelle 10). Interessanterweise reagiert die Wertigkeit Vegetation nicht sensibel

auf den Phosphorgehalt im Boden, sie zeigt aber einen signifikant negativen Zusammenhang mit dem Stickstoffgehalt und dem organischen Kohlenstoffgehalt (Tabelle 10).

Viele Studien (Bobbink et al., 2010, 1998; Critchley et al., 2002; De Schrijver et al., 2011; Roth et al., 2013) beschreiben, dass die Eutrophierung also die Nährstoffeinträge / -anreicherung der Böden durch Düngung oder atmosphärischen Stickstoffeintrag, zu einer Verarmung des Artenreichtums führt. Besonders bei oligo- bis mesotrophischen Böden nimmt der Effekt von Stickstoffeinträgen und der daraus folgenden Verdrängung charakteristischer Arten durch nitrophile Arten besonders stark (Bobbink et al., 1998). Womit es nicht erstaunlich ist, dass besonders die Artenzahl und die Wertigkeit Vegetation auf den steigendem Stickstoffgehalt beziehungsweise Phosphorgehalt sensibel reagiert.

Die Eutrophierung von Trockenwiesen bedingt durch Randeffekte untersuchte Baier & Tischew (2004). Sie stellten fest, dass je näher die Ackerfläche von der Trockenwiese ist desto höher ist der Eutrophierungsgrad der Trockenwiesen. Auf die Bewirtschaftung der umliegenden Landwirtschaftlicher Nutzfläche ist deswegen besonders Wert zu legen, für den Erhalt der typischen und seltenen Arten der Trockenwiesen. Eine Aushagerung der Trockenwiesen, um eine Nährstoffreduktion wie Stickstoff (N), Phosphor (P) oder Kalium (K) zu hervorrufen, könnte durch Mahd bewerkstelligt werden und den typischen und seltenen Arten von Trockenwiesen zugutekommen (Röder et al., 2006). Röder et al. (2006) fügt aber hinzu, dass der Rückgang von Phosphat- und Kaliumgehalt durch Mahd relativ lange dauert. Smits et al. (2008) stellte fest, dass eine Düngung der Wiese in der Vergangenheit mit Phosphor reichem Dünger, bis zu 25 Jahren nach der letzten Beigabe einen Effekt im Boden aufweist.

## 5 Schlussfolgerung und Ausblick

Nicht nur die Bodeneigenschaften spielen eine zentrale Rolle beim Fördern und Erhalten von Trockenwiesen und -weiden, sondern auch die Bewirtschaftung. Aus den im Rahmen dieser Arbeit erforschten Themen lassen sich nachfolgende Schlüsse ziehen.

Die Hangneigung spielt eine wichtige Rolle bei der Artenzusammensetzung und kann den seltenen und typischen Arten von Trockenwiesen und -weiden besonders entgegenkommen. Dies wurde auch über diese Arbeit hinaus von Forschenden wie Olsson et al. (2009) oder Turtureanu et al. (2014) bestätigt und sollte bei der Suche potentieller Standorte neuer Trockenwiesen und -weiden unbedingt beachtet werden.

Die Heterogenität des Bodens, in dieser Arbeit mit dem maximalen Makrorelief gemessen, konnte als begünstigend für die seltenen und typischen Arten von Trockenwiesen und -weiden bestätigt werden.

Die Anhäufung der Streu könnte möglicherweise auf die Bewirtschaftungsintensität zurückzuführen sein. Dass die Streuanhäufung negative Einflüsse auf die Artenzahl und Lichtzahl hatte, unterstreicht dass die Bewirtschaftungsintensität der Wiese ein wichtiger Faktor ist und einen starken Einfluss auf die Artenvorkommen haben kann.

Der Standort muss mager sein und mager gehalten werden. Ein geringer Stickstoff- und Phosphorgehalt ist eminent wichtig, um die Artenzahl beziehungsweise die seltenen und typischen Arten von Trockenwiesen und -weiden zu fördern.

Weiter zeigte der organische Kohlenstoffgehalt einen negativen Einfluss auf das Vorkommen der seltenen und typischen Arten von Trockenwiesen und -weiden und muss ebenfalls bei Beurteilungen genauer betrachtet werden.

Der geografische Standort und die Grösse der Objekte spielen eine wichtige Rolle für den Erhalt der Artenvielfalt. Negative Randeffekte wie Nährstoffeinträge in Trockenwiesen und -weiden von zu nahe gelegenen Acker konnte Baier & Tischew (2004) bestätigen. Ein Beispiel für nicht günstig gelegene Trockenweisen und -weiden, die im Rahmen dieser Arbeit untersucht wurden, bilden die Flächen ZH3130024 und ZH3130025 in Dättlikon (ZH). Beide Wiesen liegen unterhalb eines intensiv genutzten Ackers und sind sehr kleinflächig (Abbildung 11). Ein optimalerer Standort ist beispielsweise die Fläche ZH 3130022, gleich oberhalb des Ackers, die durch ihre Lage und des dazwischen liegenden Weges kaum vom Acker beeinflusst werden kann (Abbildung 11).



Abbildung 11 Beispiel von negativen Randeffekten: Rote Fläche unten rechts ZH3130025, schlechte Qualität, angrenzend an einen Acker (Helle Fläche oberhalb), Grüne Fläche ZH 3130022: Wiese guter Qualität, Quelle: GIS ZH

Im Rahmen dieser Arbeit konnte einiges über die Bodenverhältnisse und die Vegetation herausgefunden werden.

Offen bleibt jedoch bei den Bodenchemischen Parameter, ob der Kaliumgehalt in den Böden, welcher ebenfalls ein Hauptnährelement ist, einen Einfluss auf die Vegetation haben kann.

Weiter stellte Boch et al. (2019) in seiner Untersuchung eine Verschlechterung der Nährstoff- und Lichtzahlen der Trockenwiesen und -weiden nationaler Bedeutung fest. Da die Untersuchungsflächen dieser Arbeit permanent markiert und somit leicht wiederauffindbar sind, könnte eine Folgerhebung in Zukunft höchst interessante Ergebnisse liefern und einige Diskrepanzen in den Ergebnissen dieser Arbeit erklären.

Zuletzt könnte versuchsweise bei einer oder mehreren Wiesen, bei denen eine Vergrasung (Kräuter-/Gräserdeckung < 1) festgestellt wurden, die Bewirtschaftungsintensität erhöht werden durch einen weiteren Schnitt vor dem Winter. Damit könnte über mehrere Jahre geprüft werden, ob die Gräserdeckung reduziert wird und mehr krautige Pflanzen wachsen.



## 7 Literaturverzeichnis

- ART, & ACW (Hrsg.). (2008). *Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope, Band 2, E2.056.d, Methode pH-C*.
- ART, & ACW (Hrsg.). (2010). *Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope, Band 1, E1.056.d, Methode H2O10-P*.
- Baier, A., & Tischew, S. (2004). Naturschutz-Management auf Xerothermrassenstandorten in Sachsen-Anhalt – Gefährdungsanalyse und Entwicklungsstrategien am Beispiel des Naturschutzgebietes „Lämmerberg und Vockenkinkel“. *Hercynia N. F.*, 37, 201–230.
- Baur, B. (2003). Auswirkungen von Flächenverlust, Verinselung und Nutzungsaufgabe auf die Biodiversität. *BAUHINIA*, 17, 51–72.
- Bobbink, R., Hicks, K., Galloway, J., Spranger, T., Alkemade, R., Ashmore, M., Bustamante, M., Cinderby, S., Davidson, E., Dentener, F., Emmett, B., Erisman, J.-W., Fenn, M., Gilliam, F., Nordin, A., Pardo, L., & De Vries, W. (2010). Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: A synthesis. *Ecological Applications*, 20(1), 30–59.
- Bobbink, R., Hornung, M., & Roelofs, J. G. M. (1998). The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation. *Journal of Ecology*, 86, 717–738.
- Boch, A., Bedolla, A., Boch, S., Ecker, T. K., Graf, U., Kuchler, H., Kuchler, M., Holderegger, R., & Bergamini, A. (2019). Mean indicator values suggest decreasing habitat quality in Swiss dry grasslands and are robust to relocation error. *Tuexenia, Göttingen*, 39, 315–334.
- Bornard, C., Eggenberg, S., Andreas, G., Juillerat, P., Michael, J., Adrian, M., Sibyl, R., Lionel, S., & Santiago, H. (2016). *Rote Liste Gefässpflanzen—Gefährdete Arten der Schweiz*. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Info Flora –

- Nationales Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora.  
<https://www.infoflora.ch/de/flora/artenschutz/rote-liste.html>
- Briemle, G. (2006). Behutsame Düngung erhöht die Artenvielfalt von Magerrasen. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 38, 37–44.
- Buholzer, S., Nobis, M., Schönenberger, N., & Rometsch, S. (2014). *Liste der gebietsfremden invasiven Pflanzen der Schweiz, Stand 2014*. Info Flora.  
[https://www.infoflora.ch/de/assets/content/documents/neophyten/neophyten\\_diverses/Schwarze%20Liste\\_Watch%20Liste\\_2014.pdf](https://www.infoflora.ch/de/assets/content/documents/neophyten/neophyten_diverses/Schwarze%20Liste_Watch%20Liste_2014.pdf)
- Critchley, C. N. R., Chambers, B. J., Fowbert, J. A., Bhogal, A., Rose, S. C., & Sanderson, R. A. (2002). Plant species richness, functional type and soil properties of grasslands and allied vegetation in English Environmentally Sensitive Areas. *Grass and Forage Science*, 57(2), 82–92.
- De Schrijver, A., De Frenne, P., Ampoorter, E., Van Nevel, L., Demey, A., Wuyts, K., & Verheyen, K. (2011). Cumulative nitrogen input drives species loss in terrestrial ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, 20(6), 803–816.
- Delarze, R., Eggenberg, S., Steiger, P., Bergamini, A., Fivaz, F., Gonseth, Y., Guntern, J., Hofer, G., Sager, L., & Stucki, P. (2016). *Rote Liste der Lebensräume der Schweiz. Aktualisierte Kurzfassung zum technischen Bericht 2013 im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)*. BAFU, Bern.
- Delarze, R., Gonseth, Y., Eggenberg, S., & Vust, M. (2015). *Lebensräume der Schweiz, Ökologie—Gefährdung—Kennarten* (3. Aufl.). Ott Verlag, Bern.
- Dengler, J. (2012). Europäische Trockenrasen schlagen tropische Regenwälder. *Biologie in unserer Zeit*, 42(3), 148–149.
- Dengler, J., Biurrun, I., Boch, S., Dembicz, I., & Török, P. (2020). Grasslands of the Palaearctic biogeographic realm: Introduction and synthesis. In *Encyclopedia of the World's biomes*. Oxford: Elsevier. (noch nicht publiziert)

- Dengler, J., Boch, S., Filibeck, G., Chiarucci, A., Dembicz, I., Guarino, R., Henneberg, B., Janišová, M., Marcenò, C., Naqinezhad, A., Polchaninova, N. Y., Vassilev, K., & Biurrun, I. (2016). Assessing plant diversity and composition in grasslands across spatial scales: The standardised EDGG sampling methodology. *Bulletin of the Eurasian Grassland Group* 32, 13-30.
- Dipner, M., Volkart, G., Gubser, C., Eggenberg, S., Hedinger, C., Martin, M., Walter, T., & Schmid, W. (2010). *Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung. Vollzugshilfe zur Trocknwiesenverordnung. Umwelt-Vollzug Nr. 1017*. BAFU, Bern.
- Eggenberg, S., Dalang, T., Dipner, M., & Mayer, C. (2001). *Kartierung und Bewertung der Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung—Technischer Bericht* (Technischer Bericht Nr. 325; S. 252). BAFU, Bern.
- Finck, A. (2007). *Pflanzenernährung und Düngung in Stichworten* (6. Aufl.). Gebr. Borntraeger.
- Fischer, M. (2003). Trockenwiesen und die funktionelle Kaskade der Biodiversität. *BAUHINIA*, 17, 51–72.
- Foster, B. L., & Gross, K. L. (1998). Species richness in a successional grassland: Effects of nitrogen enrichment and plant litter. *Ecology*, 79(8), 2593–2602.
- Gonseth, Y., Wohlgemuth, T., Sansonnes, B., & Buttler, A. (2001). *Die biogeographischen Regionen der Schweiz. Erläuterungen und Einteilungsstandard. Umwelt Materialien Nr. 137*. BUWAL, Bern.
- Kägi, B., Stalder, A., & Thommen, M. (2002). *Wiederherstellung und Ersatz im Natur- und Landschaftsschutz*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Leitfaden Umwelt Nr. 11, Bern.
- Kapfer, J., Hédli, R., Jurasinski, G., Kopecký, M., Schei, F. H., & Grytnes, J.-A. (2017). Resurveying historical vegetation data—opportunities and challenges. *Applied Vegetation Science*, 20, 164–171.

- Küchler, M. (2017). *VegeDaz* (Version 2017) [Deutsch]. WSL, Birmensdorf.  
<https://www.wsl.ch/en/services-and-products/software-websites-and-apps/vegedaz.html>
- Lachat, T., Pauli, D., Gonseth, Y., Klaus, G., Scheidegger, C., Vittoz, P., & Walter, T. (2010). *Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900: Ist die Talsohle erreicht?* (Bd. 25). Haupt Verlag Bern.
- Landolt, E., Bäumler, B., Erhardt, A., Hegg, O., Klötzli, K., Lämmli, M., Rudmann-Maurer, K., Schweingruber, F. H., Theurillat, J.-P., Urmi, U., Vust, M., & Wohlgemuth, T. (2010). *Flora Indicativa—Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen* (2. Aufl.). Haupt Verlag, Bern.
- Lauber, K., Wagner, G., & Gygax, A. (2012). *Flora Helvetica* (5.). Haupt Verlag, Bern.
- Nowak, B., & Schulz, B. (2002). *Wiesen: Nutzung, Vegetation, Biologie und Naturschutz am Beispiel der Wiesen des Südschwarzwaldes und Hochrheingebietes* (Vol. 93). Verlag Regionalkultur.
- Olsson, P. A., Martensson, L.-M., & Bruun, H. H. (2009). Acidification of sandy grasslands – consequences for plant diversity. *Applied Vegetation Science*, 12, 350–361.
- Pärtel, M. (2002). Local plant diversity patterns and evolutionary history at the regional scale. *Ecology*, 83(9), 2361–2366.
- Pearson, S., Schiess-Bühler, C., Hedinger, C., Martin, M., & Volkart, G. (2006). *Bewirtschaftung von Trockenwiesen und -weiden*. BAFU.
- Poschlod, P., & WallisDeVries, M. F. (2002). The historical and socioeconomic perspective of calcareous grasslands-lessons from the distant and recent past. *Biological Conservation*, 104, 361–376.

- R CORE TEAM. (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. (3.6.1 for Windows) [Englisch]. R Foundation for Statistical Computing, Wien. <https://www.R-project.org/>(accessed: 19.12.2019)..
- Röder, D., Jeschke, M., & Kiehl, K. (2006). Vegetation und Böden alter und junger Kalkmagerrasen im Naturschutzgebiet «Garchinger Heide» im Norden München. *Forum Geobotanicum*, 2, 24–44.
- Roth, T., Kohli, L., Rihm, B., & Achermann, B. (2013). Nitrogen deposition is negatively related to species richness and species composition of vascular plants and bryophytes in mountain grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 178, 121–126.
- Ruprecht, E., & Szabó, A. (2012). Grass litter is a natural seed trap in long-term undisturbed grassland. *Journal of Vegetation Science*, 23, 495–504.
- Schuster, B., & Diekmann, M. (2003). Changes in species density along the soil pH gradient—Evidence from German plant communities. *Folia Geobotanica*, 38, 367–379.
- Smits, N. A. C., Willems, J. H., & Bobbink, R. (2008). Long-term after-effects of fertilisation on the restoration of calcareous grasslands. *Applied Vegetation Science*, 11, 279–286.
- Stöcklin, J., Ryf, M., & Meier, V. G. (1999). *Populationsgrösse und Gefährdung von Magerwiesen-Pflanzen im Nordwestschweizer Jura*. 13, 61–68.
- Turtureanu, P. D., Palpurina, S., Becker, T., Dolnik, C., Ruprecht, E., Sutcliffe, L. M. E., Szabó, A., & Dengler, J. (2014). Scale- and taxon-dependent biodiversity patterns of dry grassland vegetation in Transylvania. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 182, 15–24.
- WallisDeVries, M. F., Poschlod, P., & Willems, J. H. (2002). Challenges for the conservation of calcareous grasslands in northwestern Europe: Interating

the requirements of flora and fauna. *Biological Conservation*, 104, 265–273.

Wassmer, A. (2004). *Über einige Magerwiesen des Aargauer Juras: Floristisch—Ökologische Vergleichsstudien*. Baudepartement Aargau, Abteilung Landschaft und Gewässer.

Wilson, J. B., Peet, R. K., Dengler, J., & Pärtel, M. (2012). Plant species richness: The world records. *Journal of Vegetation Science*, 4(23), 796–802.

Zoller, H., & Wagner, C. (1986). *Rückgang und Gefährdung von «Mesobromion»-Arten im Schweizer Jura*. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich.

Zoller, H., Wagner, C., & Frey. (1986). *Nutzungsbedingte Veränderungen in Mesobromion-Halbtrockenrasen in der Region Basel—Vergleich 1950-1980*.

## Abbildungsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Abbildung 1 Die Karte zeigt alle die Untersuchungsgebiete (Oranger Rahmen). Links oben, westlich von Winterthur liegt das untere Tösstal, rechts unten, östlich von Winterthur liegt das obere Tösstal. Rechts oben, westlich von Winterthur liegt die Gemeinde Elsau im Eulachtal. Quelle: Bundesamt für Landestopografie, swisstopo, Dezember 2019.....</i>   | <i>4</i>  |
| <i>Abbildung 2: Plot 1m2 bei der Bodenproben Aufnahmen, Grafik: Marc Bächler.....</i>  | <i>8</i>  |
| <i>Abbildung 3 Beispiel Vegetationsaufnahme eines 1m<sup>2</sup>-Plots, Bild: Marc Bächler .....</i>   | <i>10</i> |
| <i>Abbildung 4 Handprobennehmer mit einer Gesamtlänge 80cm, Bild: Julia Bänninger, 5.Juni 2018 .....</i>   | <i>11</i> |
| <i>Abbildung 5 Links: Vergleich Hangneigung, Wiesen guter Qualität weisen eine signifikant grössere Hangneigung (Gut: 22°, Schlecht: 18.95°, p-Wert 0.041). Rechts: Vergleich Stickstoff (N), In Wiesen guter Qualität signifikant weniger Stickstoff (N) vorhanden (Gut: 0.32, Schlecht:0.36, p-Wert 0.031). .....</i>  | <i>19</i> |
| <i>Abbildung 6 Links: Vergleich Lichtzahl, signifikant tiefere Lichtzahl bei Weisen guter Qualität (Gut: 3.59, Schlecht: 3.73, p-Wert 0.010), Rechts: Vergleich Nährstoffzahl, signifikant höhere Nährstoffzahl bei guter Qualität (Gut: 3.00, Schlecht: 2.67, p-Wert &lt;0.001).....</i>  | <i>20</i> |
| <i>Abbildung 7 Vergleich Wertigkeit Vegetation, es ist eine signifikant höhere Wertigkeit Vegetation in guten Wiesen zu finden als in Wiesen schlechter Qualität (Gut: 81, Schlecht: 40, p-Wert &lt;0.001) .....</i>   | <i>20</i> |
| <i>Abbildung 8 Oben links: Regression Artenzahl mit Hangneigung, Artenzahl=22.3-0.6x, p = 0.084, oben rechts: Regression Log<sub>10</sub>(Kräuterdeckung/Gräserdeckung) mit Hangneigung, Log<sub>10</sub>(K/G)=0.26-0.01x, p = 0.029, unten links: Regression Wertigkeit Vegetation mit Hangneigung, Wertigkeit Vegetation=29.42+1.55x, p = 0.006, unten rechts: Regression Wertigkeit Vegetation mit Max. Mikrorelief, Wertigkeit Vegetation=44.57+3.32x, p = 0.08722</i> |           |
| <i>Abbildung 11 Regression der Streudeckung mit durchschnittlichen Lichtzahl, Lichtzahl=3.8-0.005x, p = 0.042. Die durchschnittliche Lichtzahl ist negativ durch die Streudeckung beeinflusst.....</i>   | <i>30</i> |
| <i>Abbildung 12 Beispiel von negativen Randeffekten: Rote Fläche unten rechts ZH3130025, schlechte Qualität, angrenzend an einen Acker (Helle Fläche oberhalb), Grüne Fläche ZH 3130022: Wiese guter Qualität, Quelle: GIS ZH .....</i>  | <i>33</i> |

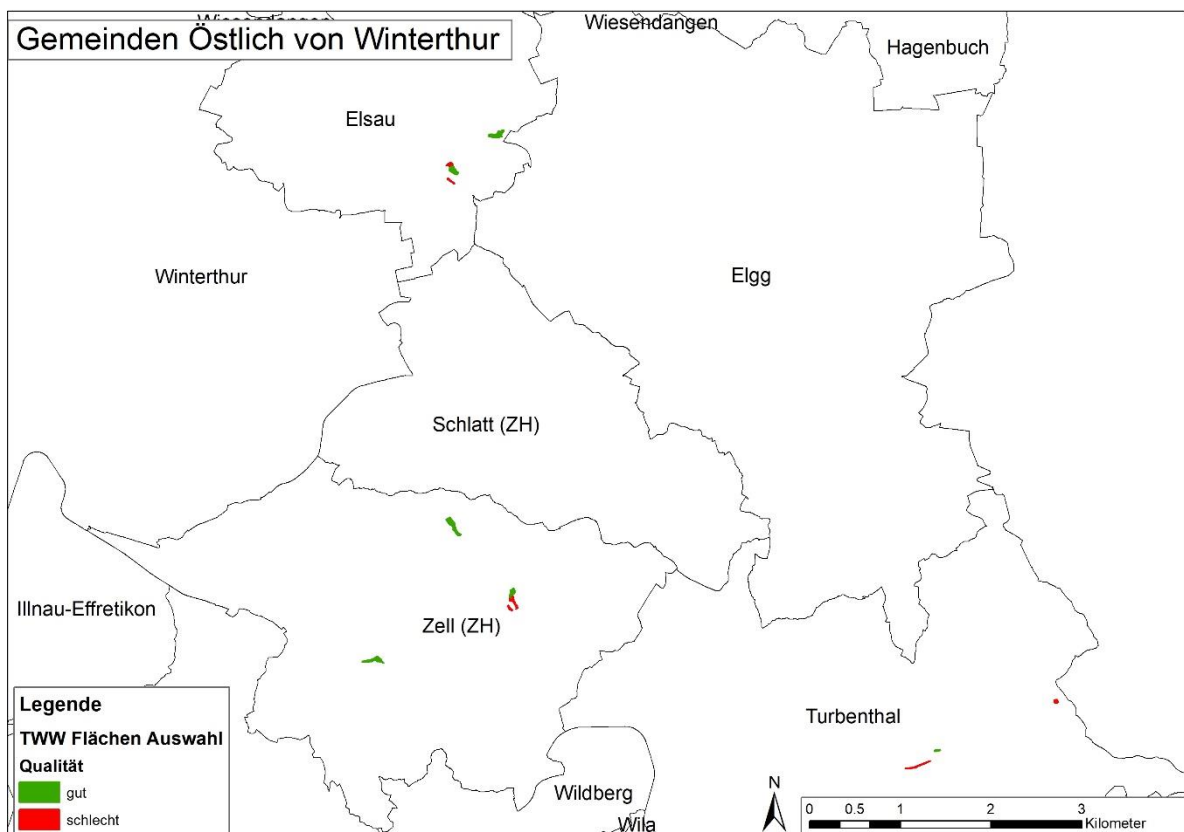
## Tabellenverzeichnis

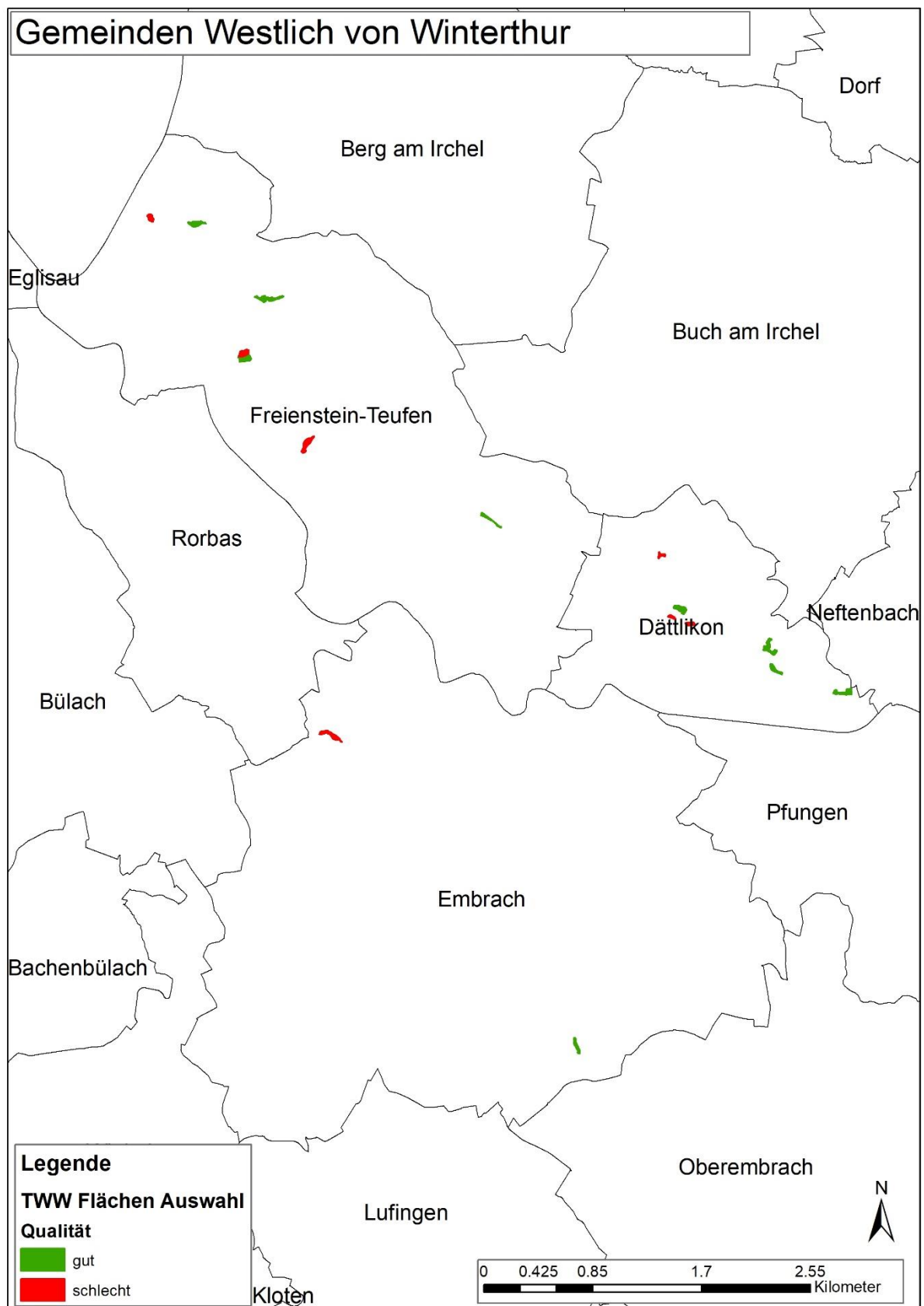
|   |    |
|---|----|
| <i>Tabelle 1 Auflistung der Bodenparameter welche durch die Bodenanalyse im Labor erhoben wurden.</i>   | 9  |
| <i>Tabelle 2 Auflistung der im Feld erhobenen Strukturparameter</i>   | 10 |
| <i>Tabelle 3 Auflistung der weiteren im Feld erhobenen Parameter (Umweltparameter)</i>  | 11 |
| <i>Tabelle 4 In dieser Arbeit verwendete Zeigerwerte gemäss Landolt et al. (2010)</i>   | 12 |
| <i>Tabelle 5 Auflistung der Artenbezogenen Werten</i>   | 13 |
| <i>Tabelle 6 Auflistung der Diversitäts- und Wertigkeitsmasse</i>   | 14 |
| <i>Tabelle 7 Alle Unabhängige Grössen und deren Mittelwerte, Standardabweichung, Minimum und Maximum der einzelnen Parameter, basierend auf allen untersuchten 1m<sup>2</sup>-Plots (Total n=81).</i>   | 16 |
| <i>Tabelle 8 Abhängige Grössen. Mittelwerte, Standardabweichung, Minimum und Maximum der einzelnen Parameter basierend auf den untersuchten 1m<sup>2</sup>-Plots (Total n=81).</i>  | 18 |
| <i>Tabelle 9 Durchschnittswerte und Standardabweichung sämtlicher geprüfter Parameter für beide Wiesenqualitäten. Signifikanzprüfung mit Wilcoxon- oder Welch-t-Test abhängig von Normalverteilung, Grün: signifikant <math>\alpha &lt; 0.05</math>, Hellgrün: marginal signifikant <math>0.05 \leq \alpha &lt; 0.10</math></i>   | 21 |
| <i>Tabelle 10 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Regressionen mit Funktionsgleichungen und p-Werten. Die Farbe beziehungsweise Steigung gibt die Richtung des Effekts an. Grün: Steigung signifikant <math>\alpha &lt; 0.05</math>, Hellgrün: Steigung marginal signifikant <math>0.05 \leq \alpha &lt; 0.10</math>, Rot: Gefälle Signifikant <math>\alpha &lt; 0.05</math>, Hellrot: Gefälle marginal signifikant <math>0.05 \leq \alpha &lt; 0.10</math></i> | 25 |



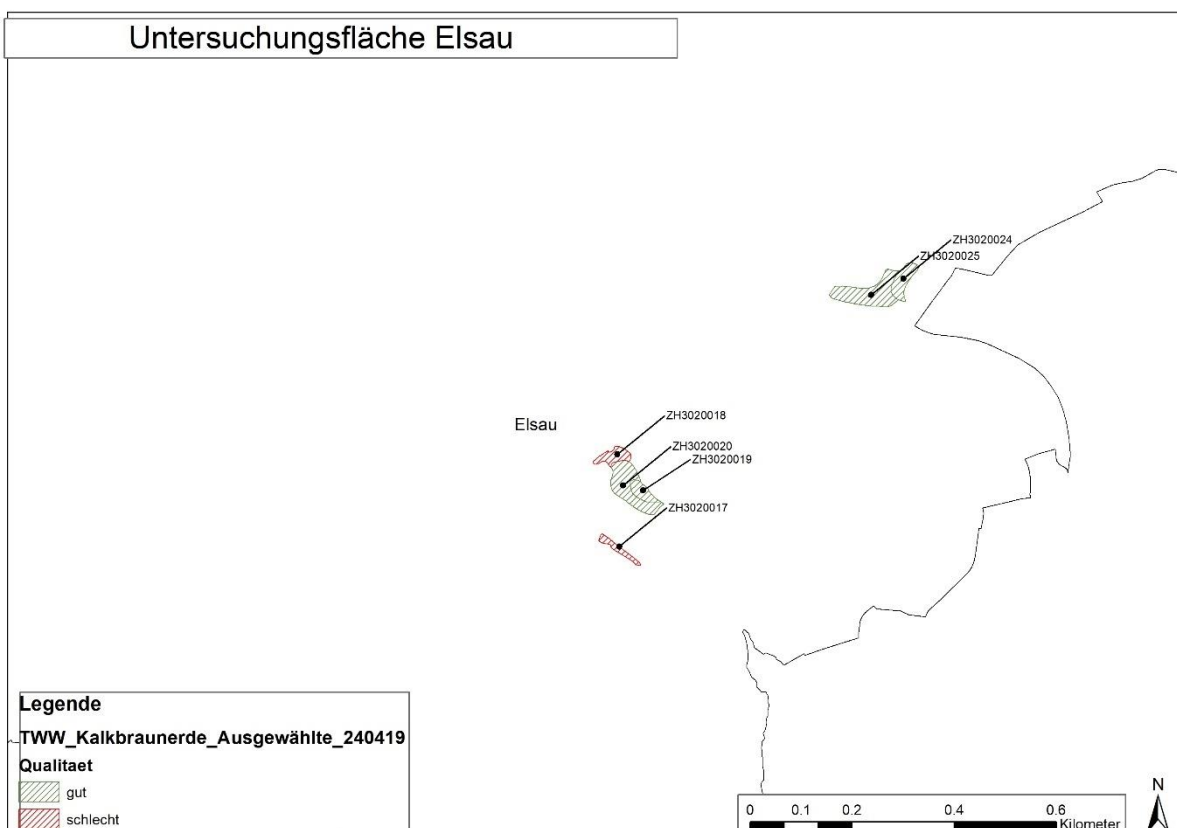
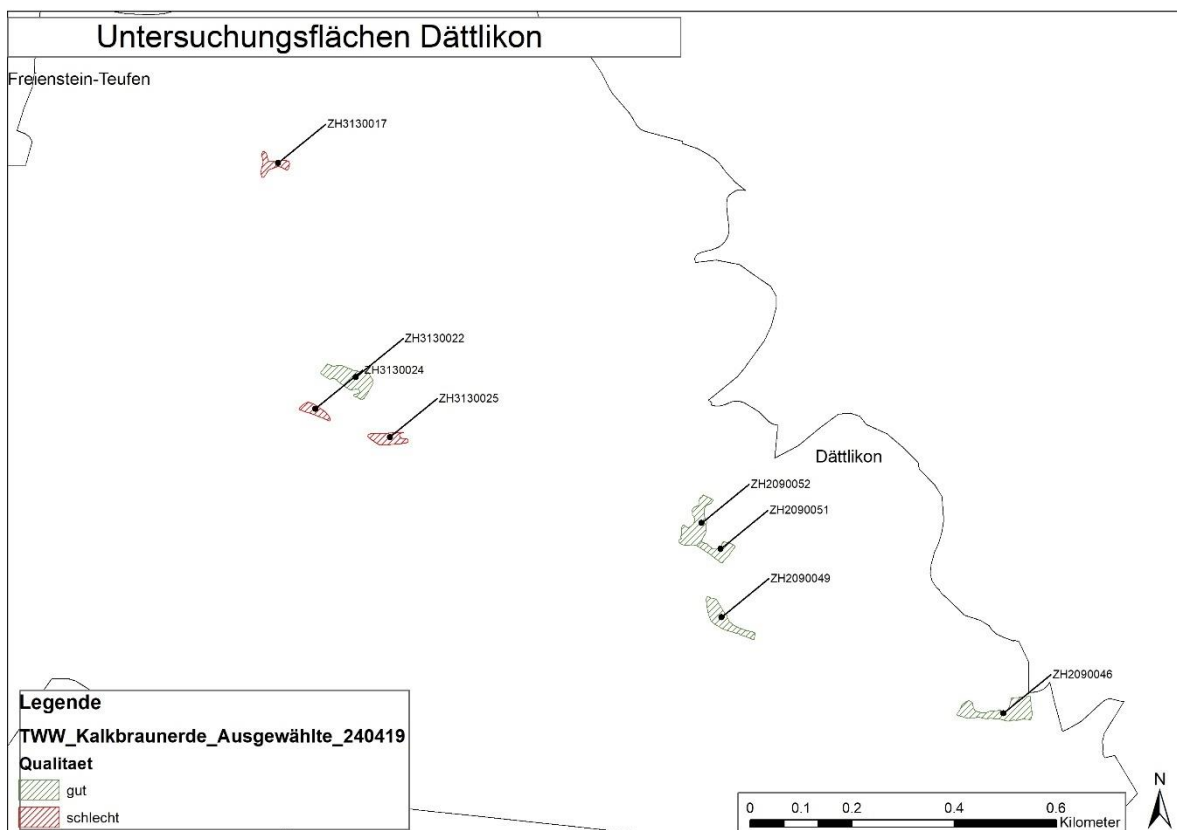
## Anhang

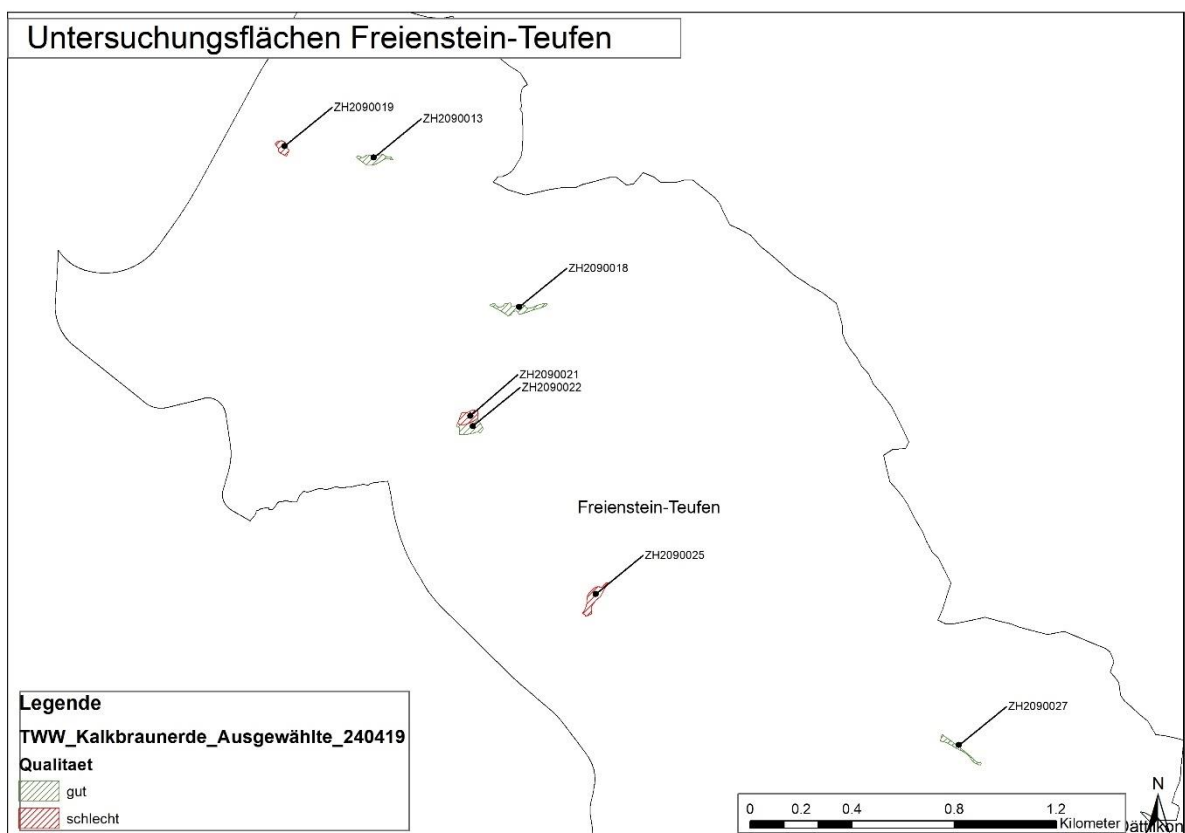
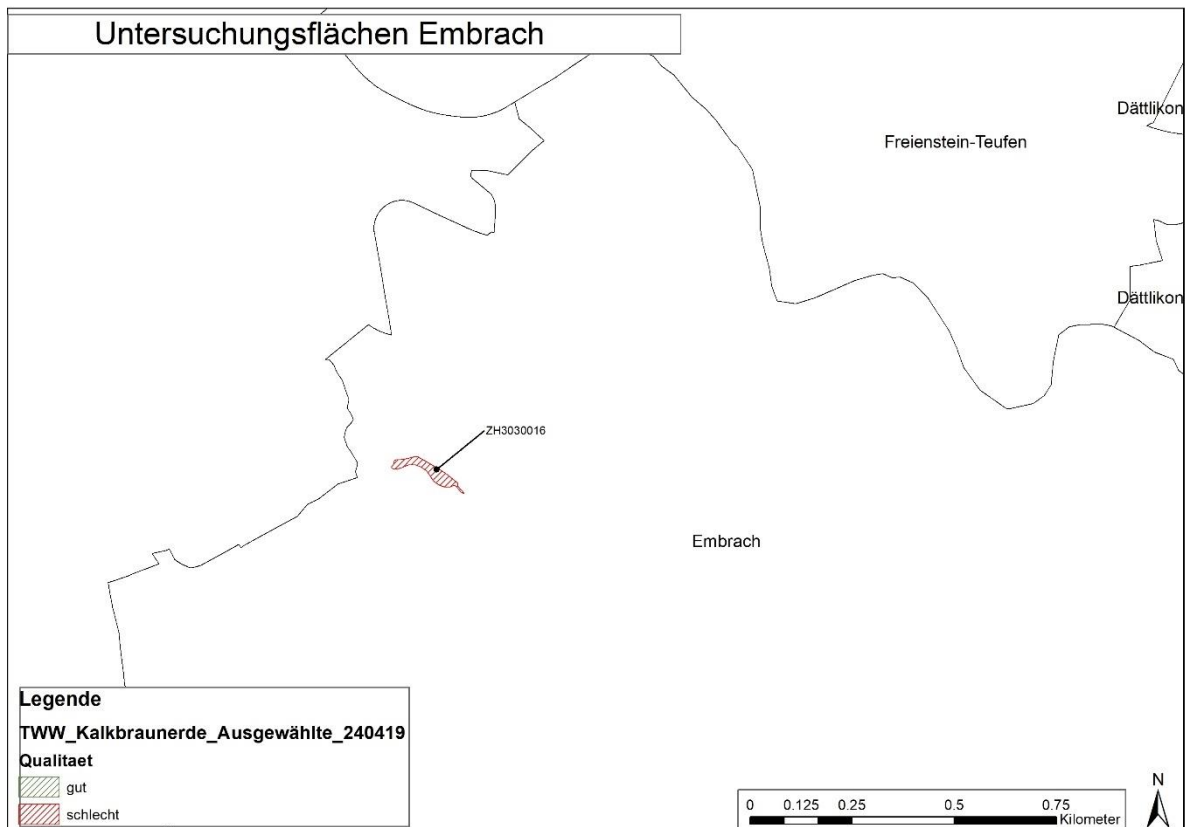
|   |           |
|---|-----------|
| <b>Anhang A Kartenmaterial .....</b>                                  | <b>43</b> |
| <b>Anhang B Daten Wetterstation Winterthur .....</b>                  | <b>48</b> |
| <b>Anhang C Erhebungsprotokoll Bachelor Marc-Olivier Bächler.....</b> | <b>49</b> |
| <b>Anhang D Excel Tabelle (Ausschnitt) .....</b>                      | <b>50</b> |
| <b>Anhang E Labor Methodik.....</b>                                   | <b>52</b> |
| <b>Anhang F Plagiatserklärung Bachelorarbeit .....</b>                | <b>64</b> |
| <b>Anhang G Aufgabenstellung Bachelorarbeit .....</b>                 | <b>65</b> |

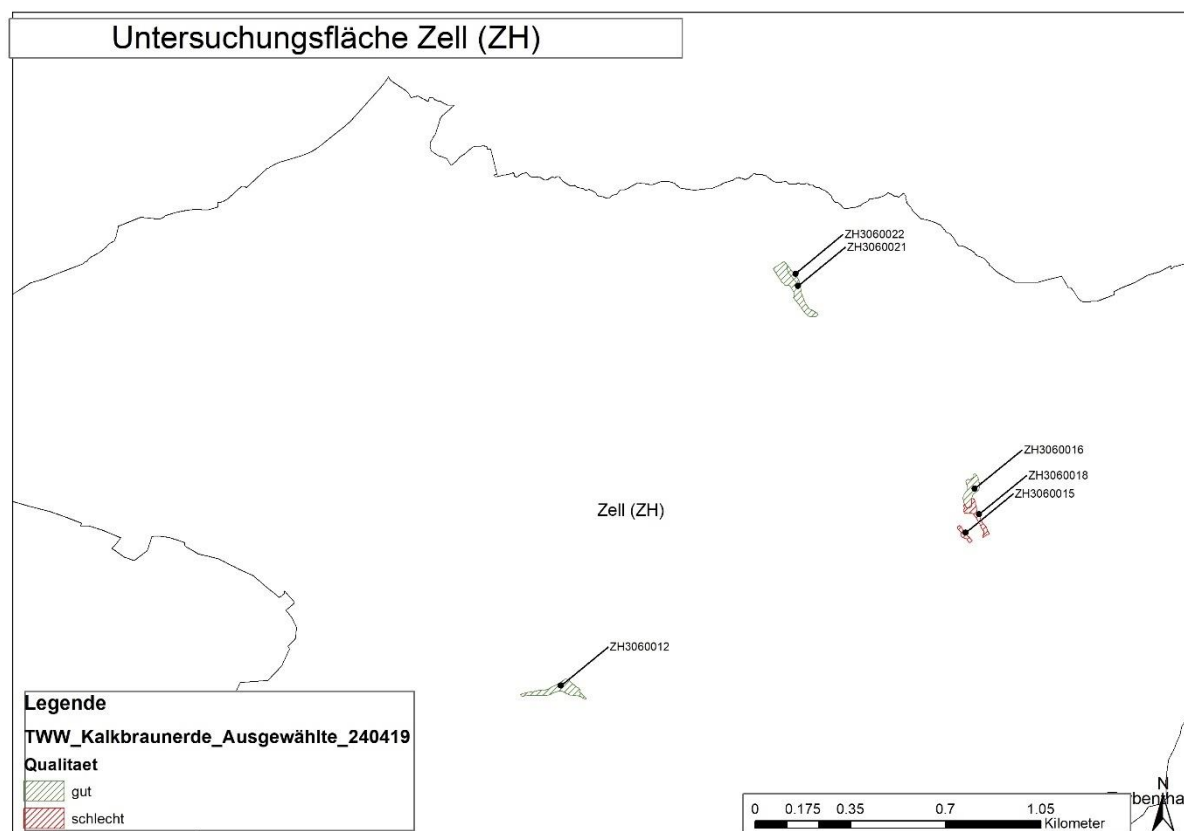
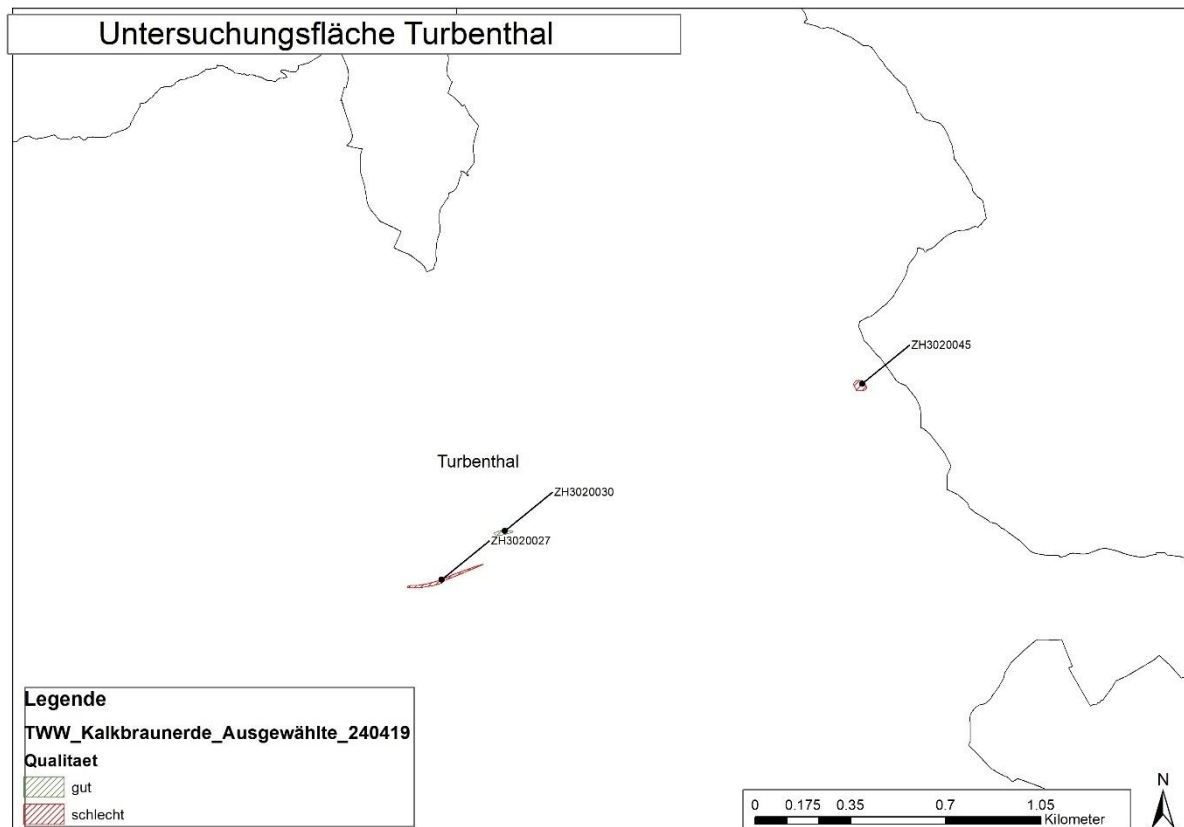
**Anhang A** Kartenmaterial

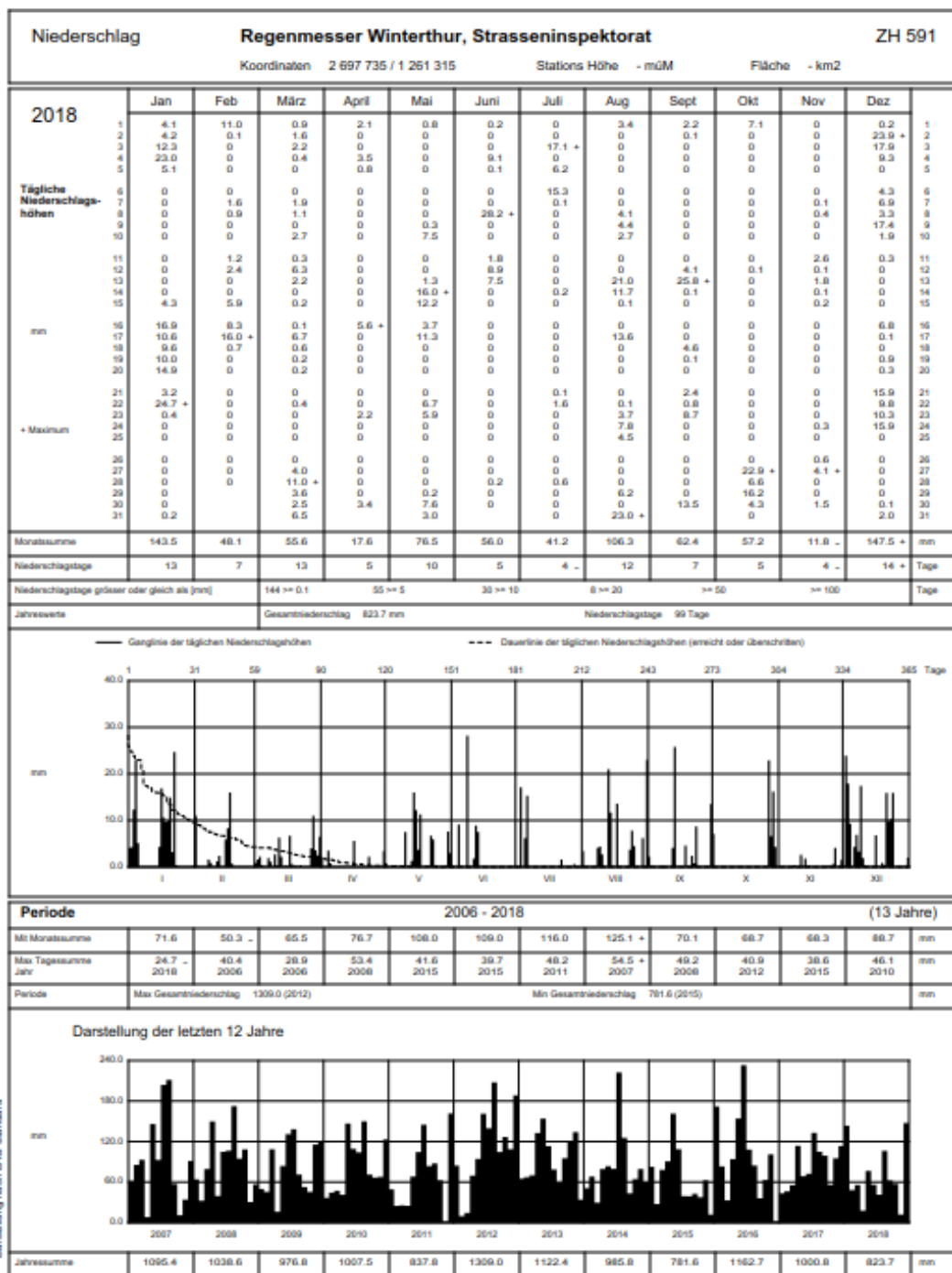


## Gemeindepläne







**Anhang B** Daten Wetterstation Winterthur

**Anhang C Erhebungsprotokoll Bachelor Marc-Olivier Büchler****Bachelor Marc-Olivier Büchler**

PLOT. NO.: ..... Date: ..... Protocol by: .....

FIELD NO.: ..... Photo(s) .....

Aspect: .....° Inclination: .....° Max. microrelief: ..... cm Soil depth (5x): .....|.....|.....|.....|..... cm

Land-use in this year: ☐ Grazing ☒ Mowing ☐ Burning ☐ Abandonment ☐ Evidence of former ploughing

Land use (details): .....

Remarks: .....

| Layer                     | Cover (%) | Max. height (m) | Other surfaces             | Cover (%) |
|---------------------------|-----------|-----------------|----------------------------|-----------|
| Vegetation total          |           | -               | Litter                     |           |
| T: Tree layer (>5 m)      |           |                 | Dead wood                  |           |
| S: Shrub layer (>0.5–5 m) |           |                 | Stones and rocks (> 63 mm) |           |
| H: Herb layer             |           |                 | Gravel (2–63 mm)           |           |
| C: Cryptogam layer        |           | -               | Fine soil (< 2 mm)         |           |

 $\Sigma =$   
100%

▼ please circle numbers of collected taxa – Diagonal of

☐ Relevé continued on reverse side

| No. | Layer | Cover % | Herbs - Taxon | No. | Layer | Cover % | Grass - Taxon |
|-----|-------|---------|---------------|-----|-------|---------|---------------|
| 1   |       |         |               | 31  |       |         |               |
| 2   |       |         |               | 32  |       |         |               |
| 3   |       |         |               | 33  |       |         |               |
| 4   |       |         |               | 34  |       |         |               |
| 5   |       |         |               | 35  |       |         |               |
| 6   |       |         |               | 36  |       |         |               |
| 7   |       |         |               | 37  |       |         |               |
| 8   |       |         |               | 38  |       |         |               |
| 9   |       |         |               | 39  |       |         |               |
| 10  |       |         |               | 40  |       |         |               |
| 11  |       |         |               | 41  |       |         |               |
| 12  |       |         |               | 42  |       |         |               |
| 13  |       |         |               | 43  |       |         |               |
| 14  |       |         |               | 44  |       |         |               |
| 15  |       |         |               | 45  |       |         |               |
| 16  |       |         |               | 46  |       |         |               |
| 17  |       |         |               | 47  |       |         |               |
| 18  |       |         |               | 48  |       |         |               |
| 19  |       |         |               | 49  |       |         |               |
| 20  |       |         |               | 50  |       |         |               |
| 21  |       |         |               | 51  |       |         |               |
| 22  |       |         |               | 52  |       |         |               |
| 23  |       |         |               | 53  |       |         |               |
| 24  |       |         |               | 54  |       |         |               |
| 25  |       |         |               | 55  |       |         |               |
| 26  |       |         |               | 56  |       |         |               |
| 27  |       |         |               | 57  |       |         |               |
| 28  |       |         |               | 58  |       |         |               |
| 29  |       |         |               | 59  |       |         |               |
| 30  |       |         |               | 60  |       |         |               |




**Anhang D** Excel Tabelle (Ausschnitt)

| Qualität | TWW-Objekt | Gemeinde   | GPS/Plot Nr. | Breitengrad | Längengrad | h ü. M | Datum      |
|----------|------------|------------|--------------|-------------|------------|--------|------------|
| Gut      | 3060012    | Zell (ZH)  | 10           | 47.447883   | 8.803523   | 599    | 16.09.2019 |
| Gut      | 3060012    | Zell (ZH)  | 11           | 47.447787   | 8.803222   | 582    | 16.09.2019 |
| Gut      | 3060012    | Zell (ZH)  | 12           | 47.447512   | 8.802142   | 573    | 16.09.2019 |
| Schlecht | 3060015    | Zell (ZH)  | 16           | 47.452729   | 8.822845   | 600    | 16.09.2019 |
| Schlecht | 3060015    | Zell (ZH)  | 17           | 47.452386   | 8.822974   | 590    | 16.09.2019 |
| Schlecht | 3060015    | Zell (ZH)  | 18           | 47.45227    | 8.823254   | 583    | 16.09.2019 |
| Gut      | 3060016    | Zell (ZH)  | 19           | 47.45421    | 8.823717   | 649    | 17.09.2019 |
| Gut      | 3060016    | Zell (ZH)  | 20           | 47.453773   | 8.823361   | 655    | 17.09.2019 |
| Schlecht | 3060018    | Zell (ZH)  | 25           | 47.453247   | 8.823413   | 606    | 17.09.2019 |
| Schlecht | 3060018    | Zell (ZH)  | 26           | 47.452969   | 8.823276   | 603    | 17.09.2019 |
| Schlecht | 3060018    | Zell (ZH)  | 27           | 47.4528     | 8.823558   | 585    | 17.09.2019 |
| Gut      | 3020019    | Elsau      | 28           | 47.496178   | 8.815926   | 516    | 28.08.2019 |
| Gut      | 3020019    | Elsau      | 29           | 47.495954   | 8.81617    | 515    | 28.08.2019 |
| Gut      | 3020019    | Elsau      | 30           | 47.49588    | 8.816313   | 519    | 28.08.2019 |
| Gut      | 3020020    | Elsau      | 31           | 47.495744   | 8.816152   | 508    | 27.08.2019 |
| Gut      | 3020020    | Elsau      | 32           | 47.496119   | 8.815704   | 510    | 27.08.2019 |
| Gut      | 3020020    | Elsau      | 33           | 47.496366   | 8.815577   | 511    | 27.08.2019 |
| Schlecht | 3020018    | Elsau      | 34           | 47.496693   | 8.815574   | 516    | 28.08.2019 |
| Schlecht | 3020018    | Elsau      | 35           | 47.496804   | 8.815212   | 507    | 28.08.2019 |
| Schlecht | 3020018    | Elsau      | 36           | 47.496568   | 8.815182   | 508    | 28.08.2019 |
| Schlecht | 3020017    | Elsau      | 37           | 47.495136   | 8.815216   | 508    | 27.08.2019 |
| Schlecht | 3020017    | Elsau      | 38           | 47.494852   | 8.81582    | 508    | 27.08.2019 |
| Schlecht | 3020017    | Elsau      | 39           | 47.49505    | 8.815507   | 509    | 27.08.2019 |
| Gut      | 3020024    | Elsau      | 40           | 47.499666   | 8.823864   | 557    | 28.08.2019 |
| Gut      | 3020024    | Elsau      | 41           | 47.499331   | 8.823488   | 535    | 28.08.2019 |
| Gut      | 3020024    | Elsau      | 42           | 47.499441   | 8.823164   | 534    | 28.08.2019 |
| Gut      | 3020025    | Elsau      | 43           | 47.499664   | 8.822559   | 543    | 28.08.2019 |
| Gut      | 3020025    | Elsau      | 44           | 47.499327   | 8.822272   | 527    | 28.08.2019 |
| Gut      | 3020025    | Elsau      | 45           | 47.499462   | 8.821309   | 528    | 28.08.2019 |
| Schlecht | 3020027    | Turbenthal | 46           | 47.435927   | 8.881311   | 604    | 11.09.2019 |
| Schlecht | 3020027    | Turbenthal | 47           | 47.436177   | 8.882585   | 601    | 11.09.2019 |
| Schlecht | 3020027    | Turbenthal | 48           | 47.436325   | 8.883092   | 601    | 11.09.2019 |
| Gut      | 3020030    | Turbenthal | 49           | 47.437647   | 8.885293   | 614    | 11.09.2019 |
| Gut      | 3020030    | Turbenthal | 50           | 47.437729   | 8.885119   | 620    | 11.09.2019 |
| Gut      | 3020030    | Turbenthal | 51           | 47.437937   | 8.884768   | 637    | 11.09.2019 |
| Gut      | 3130022    | Dättlikon  | 52           | 47.528458   | 8.620222   | 486    | 26.08.2019 |
| Gut      | 3130022    | Dättlikon  | 53           | 47.528746   | 8.620202   | 491    | 26.08.2019 |
| Gut      | 3130022    | Dättlikon  | 54           | 47.528644   | 8.620667   | 500    | 26.08.2019 |
| Schlecht | 3130017    | Dättlikon  | 55           | 47.532621   | 8.618052   | 582    | 29.07.2019 |
| Schlecht | 3130017    | Dättlikon  | 56           | 47.532572   | 8.618174   | 571    | 29.07.2019 |
| Schlecht | 3130017    | Dättlikon  | 57           | 47.532539   | 8.618071   | 578    | 29.07.2019 |
| Schlecht | 3130024    | Dättlikon  | 58           | 47.528059   | 8.619038   | 459    | 24.09.2019 |
| Schlecht | 3130024    | Dättlikon  | 59           | 47.528014   | 8.619095   | 460    | 24.09.2019 |

|          |         |                    |       |           |          |     |            |
|----------|---------|--------------------|-------|-----------|----------|-----|------------|
| Schlecht | 3130024 | Dättlikon          | 60    | 47.528079 | 8.619107 | 457 | 24.09.2019 |
| Schlecht | 3130025 | Dättlikon          | 61    | 47.527458 | 8.621221 | 458 | 24.09.2019 |
| Schlecht | 3130025 | Dättlikon          | 62    | 47.527519 | 8.621116 | 463 | 24.09.2019 |
| Schlecht | 3130025 | Dättlikon          | 63    | 47.527554 | 8.620859 | 459 | 24.09.2019 |
| Gut      | 2090052 | Dättlikon          | 64    | 47.526324 | 8.629466 | 504 | 29.07.2019 |
| Gut      | 2090052 | Dättlikon          | 65    | 47.526321 | 8.629281 | 476 | 29.07.2019 |
| Gut      | 2090052 | Dättlikon          | 66    | 47.526027 | 8.629411 | 496 | 29.07.2019 |
| Gut      | 2090051 | Dättlikon          | 67    | 47.525785 | 8.629133 | 487 | 26.08.2019 |
| Gut      | 2090051 | Dättlikon          | 68    | 47.52553  | 8.629927 | 494 | 26.08.2019 |
| Gut      | 2090051 | Dättlikon          | 69    | 47.525449 | 8.629659 | 485 | 26.08.2019 |
| Gut      | 2090049 | Dättlikon          | 70    | 47.524592 | 8.629387 | 457 | 24.09.2019 |
| Gut      | 2090049 | Dättlikon          | 71    | 47.524406 | 8.629684 | 461 | 24.09.2019 |
| Gut      | 2090049 | Dättlikon          | 72    | 47.524187 | 8.630033 | 469 | 24.09.2019 |
| Schlecht | 3030016 | Embrach            | 73    | 47.520238 | 8.582784 | 417 | 21.08.2019 |
| Schlecht | 3030016 | Embrach            | 74    | 47.520262 | 8.583356 | 419 | 21.08.2019 |
| Schlecht | 3030016 | Embrach            | 75    | 47.520041 | 8.584239 | 424 | 21.08.2019 |
| Gut      | 2090027 | Freienstein-Teufen | 76    | 47.535289 | 8.60032  | 495 | 30.09.2019 |
| Gut      | 2090027 | Freienstein-Teufen | 77    | 47.534908 | 8.601167 | 500 | 30.09.2019 |
| Gut      | 2090027 | Freienstein-Teufen | 78    | 47.534708 | 8.601449 | 495 | 30.09.2019 |
| Schlecht | 2090025 | Freienstein-Teufen | 79    | 47.540185 | 8.58145  | 458 | 30.09.2019 |
| Schlecht | 2090025 | Freienstein-Teufen | 80    | 47.540484 | 8.581632 | 467 | 30.09.2019 |
| Schlecht | 2090025 | Freienstein-Teufen | 81    | 47.540784 | 8.581719 | 478 | 30.09.2019 |
| Gut      | 2090022 | Freienstein-Teufen | 83    | 47.546648 | 8.575577 | 475 | 01.10.2019 |
| Gut      | 2090022 | Freienstein-Teufen | 84    | 47.546673 | 8.57539  | 477 | 01.10.2019 |
| Gut      | 2090022 | Freienstein-Teufen | 85    | 47.546799 | 8.5754   | 491 | 01.10.2019 |
| Schlecht | 2090021 | Freienstein-Teufen | 86    | 47.54716  | 8.575702 | 498 | 01.10.2019 |
| Schlecht | 2090021 | Freienstein-Teufen | 87    | 47.546884 | 8.575042 | 494 | 01.10.2019 |
| Schlecht | 2090021 | Freienstein-Teufen | 88    | 47.547203 | 8.575121 | 498 | 01.10.2019 |
| Gut      | 2090018 | Freienstein-Teufen | 89    | 47.550915 | 8.577198 | 491 | 30.09.2019 |
| Gut      | 2090018 | Freienstein-Teufen | 90    | 47.550932 | 8.577335 | 495 | 30.09.2019 |
| Gut      | 2090018 | Freienstein-Teufen | 91    | 47.550749 | 8.578281 | 487 | 30.09.2019 |
| Schlecht | 2090019 | Freienstein-Teufen | 92    | 47.556719 | 8.565911 | 418 | 01.10.2019 |
| Schlecht | 2090019 | Freienstein-Teufen | 93    | 47.556707 | 8.566112 | 420 | 01.10.2019 |
| Schlecht | 2090019 | Freienstein-Teufen | 94    | 47.556657 | 8.565809 | 415 | 01.10.2019 |
| Schlecht | 3020045 | Turbenthal         | 95    | 47.442118 | 8.902321 | 708 | 18.09.2019 |
| Schlecht | 3020045 | Turbenthal         | 96    | 47.442116 | 8.902765 | 707 | 18.09.2019 |
| Schlecht | 3020045 | Turbenthal         | 97    | 47.442289 | 8.902649 | 722 | 18.09.2019 |
| Gut      | 3060016 | Zell (ZH)          | 23/24 | 47.453562 | 8.8233   | 613 | 17.09.2019 |


**Anhang E Labor Methodik**

|   |  |  |
|---|--|--|
|  <small>Zürcher Hochschule<br/>für Angewandte Wissenschaften</small><br><small>Life Sciences und<br/>Facility Management</small> | <b>CHNO Messung mit<br/>TruSpec Macro Analyser</b><br>Forschungsgruppe Bodenökologie | Code: SOP-UI1356a<br>Seite: 1 / 4<br>Datum: 16.10.2013 |
|---|--|--|

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Titel</b>                  | <b>Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoffmessung mit dem TruSpec Macro Analyser von Leco</b>   |
| <b>Objekt/ Projekt</b>        | Labormethode  |
| <b>Zweck</b>                  | Der CHNO Analyser dient zur Ermittlung der C, H, N und O Gehalte verschiedenster Substanzen. Der Anwendungsbereich geht von Boden- und Kohleproben bis hin zu Biomasse, Nahrungsmittel oder Kunststoffen. |
| <b>Geltungsbereich</b>        | Bodenökologie   |
| <b>Verantwortung</b>          | Bodenökologie: Rahel Wanner (boln)  |
| <b>Mitgeltende Unterlagen</b> | - Bedienungsanleitung TruSpec CHN; Instruction Manual; Version 2.5x; Part Number 200-290; May 2011  |

|                           |                          |                              |
|---------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Erstellt: boln 16.10.2013 | Geprüft: bego 23.10.2013 | Freigegeben: krbs 29.10.2013 |
|---------------------------|--------------------------|------------------------------|

S:\pools\N-IUNR-Allgemein\Zentren\Ecological\_Engineering\FS\_Bodenökologie\Methoden\Labormethoden\Leco - CHN O Analyser\SOP-UI1356a\_CHNO Messung mit TruSpec Macro Analyser.docx, 03.11.14

|   |   |  |
|---|---|--|
| <br>Life Sciences und<br>Facility Management | <b>CHNO Messung mit<br/>         TruSpec Macro Analyser</b><br>Forschungsgruppe Bodenökologie | Code: SOP-UI1356a<br>Seite: 2 / 4<br>Datum: 16.10.2013 |
|---|---|--|

## 1 Allgemeines

### 1.1 CHN-Messung

Der TruSpec CHN Macro ist ein Gerät zum Nachweis des Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Stickstoffgehalts in einer Fülle von Stoffen wie Nahrung, Futter, Ölsaaten, Dünger, Böden, etc.

Der Einwaagebereich für feste Proben liegt zwischen 50 mg und 1.5 g (optimale Einwaage ca. 0.1 g). Das Analysegerät wird an einen externen PC angeschlossen und nutzt eine Windows-basierte Software für die Steuerung des Systembetriebs und für die Datenverwaltung.




Abbildung 1: TruSpec Macro Analyser von Leco

Ein Analysezyklus besteht aus drei Phasen: Reinigen, Verbrennen und Analysieren:

- In der Reinigungsphase wird die gekapselte Probe in den Ladekopf gegeben und von jeglichen atmosphärischen Gasen gereinigt. Das Ballastvolumen (Nullvolumen an diesem Punkt) sowie die Gasleitungen werden ebenfalls gereinigt.
- Während der Verbrennungsphase wird die Probe in einen heißen Brennofen gegeben und mit Sauerstoff beflutet, um eine schnelle und vollständige Verbrennung zu gewährleisten. Die Standardtemperatur des Geräts für die Bestimmung des Gesamtkohlenstoffs, Wasserstoffs und Stickstoffs liegt bei 950°C. Für die Analysen im Bodenzentrum GA109 wird der organische Kohlenstoff bei 550°C verbrannt. Durch die Zugabe von Sauerstoff werden die Elemente C, H und N zu Kohlenstoffdioxid, Wasser und Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) oxidiert. Nach dem Ausgleich der Gase wird der Kohlenstoff als Kohlendioxid über den CO<sub>2</sub>-Infrarot-Detektor und der Wasserstoff als Wasserdampf über den H<sub>2</sub>O-Infrarot-Detektor gemessen.
- Für die Analyse von Stickstoff wird ein Teil des Gases durch eine Aliquotschleife gezogen und als Trägergas wird Helium zugesetzt. In einer angeführten Kupferleitung wird der Sauerstoff entfernt und NO<sub>x</sub> wird zu elementarem Stickstoff reduziert. Anschließend wird das Gas durch Säulen mit LecoSorb und Anhydron geleitet, um Kohlendioxid und Wasser zu entfernen. Eine Wärmeleitfähigkeitsmesszelle (Thermokonduktivitätszelle) misst schließlich den Stickstoffanteil.

Das Endergebnis wird als Gewichtsanteil in Prozent oder in ppm angegeben, je nach dem, was der Bediener eingestellt hat.

S:\pools\N-IUNR-Allgemein\Zentren\Ecological\_Engineering\FS\_Bodenökologie\Methoden\Labormethoden\Leco - CHN O Analyser\SOP-UI1356a\_CHNO Messung mit TruSpec Macro Analyser.docx, 03.11.14

|   |   |  |
|---|---|--|
| <br><small>Life Sciences und<br/>Facility Management</small> | <b>CHNO Messung mit<br/>TruSpec Macro Analyser</b><br>Forschungsgruppe Bodenökologie | Code: SOP-UI1356a<br>Seite: 3 / 4<br>Datum: 16.10.2013 |
|---|---|--|

### 1.2 Sauerstoff-Modul

Via ein zusätzlich angebautes Ger  temodul am CHN Macro kann in einer separaten Analyse zusätzlich der Sauerstoffgehalt von festen Proben gemessen werden. Der Probeneinwaagebereich liegt zwischen 1 bis 10 mg (optimale Einwaage ca. 3 mg). Die Verbrennung der Proben findet in Hochtemperaturpyrolyseofen bei 1300  C statt. Durch die Pyrolyse werden grosse Moleküle durch eine thermo-chemische Spaltung in kleine Moleküle getrennt. Im Gegensatz zur Vergasung und zur Verbrennung geschieht dies ausschließlich unter der Einwirkung von Wärme und ohne zusätzlich zugeführten Sauerstoff. Als Trägergas wird Helium eingesetzt.



**Abbildung 2: Sauerstoff Zusatzmodul.**


Ein Analysezyklus besteht aus drei Phasen: Fluten, Verbrennen und Analysieren:

- Der Sauerstoff der Probe wird aufgrund der hohen Temperatur freigesetzt und reagiert mit der Grafitatmosph  re (Grafitteigel, Grafitstaub) zu CO.
- Das CO wird am Katalyseofen (Seitenwand des TruSpecs) zu CO<sub>2</sub> oxidiert (um den Sauerstoff als CO<sub>2</sub> in der bereits vorhandenen IR-Messzelle messen zu können). Die hohe Temperatur von 1300  C ist nötig, damit das Reaktionsgleichgewicht zum CO verschoben wird. Bei niedrigeren Temperaturen könnte sich neben CO auch gleich CO<sub>2</sub> bilden. Dann würde aber nicht jedes Sauerstoffatom erfasst. Die Sauerstoffmessung ergäbe zu tiefe Werte.
- Via Flow controller gelangt das Gas in den Katalysator. Dort wird CO in CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub> in H<sub>2</sub>O umgewandelt.
- Anschliessend wird in der CO<sub>2</sub> Messzelle der Gehalt von Sauerstoff gemessen.
- Das Gas strömt dann weiter via Aliquotose-Schleife aus dem Gerät hinaus.

Das Endergebnis wird wie beim CHN Macro als Gewichtsanteil in Prozent oder in ppm angegeben.

## 2 Material

| Objekt                 | Spezifikation        |
|------------------------|----------------------|
| TruSpec Macro Analyser | Leco; Serial No 3378 |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <br><small>Life Sciences und<br/>Facility Management</small> | <b>CHNO Messung mit<br/>TruSpec Macro Analyser</b><br>Forschungsgruppe Bodenökologie | Code: SOP-UI1356a<br>Seite: 4 / 4<br>Datum: 16.10.2013 |
|---|--|--|

### 3 Durchführung der Messung

#### 3.1 Probenvorbereitung

Für die Analyse müssen die Proben getrocknet und gemahlen werden. Pro Analyse braucht es jeweils 100 mg Probe für CHN und 3 mg Probe für Sauerstoff, wobei jede Probe zwei - dreifach bestimmt wird.

**Wichtig:** Bei jedem Arbeitsschritt nimmt das Probenvolumen ab (Trocknung, Sieben, etc...). Ziel ist es, ca. 5 g gesiebte und gemahlene Probe für die Analyse bereit zu haben.

#### Probenaufbereitung:

- Proben im Trockenschrank bei 105 °C bis Gewichtskonstanz trocknen (je nach Probe 12 h bis 24 h).  
Trockenschränke sind im Tunnel 6 vorhanden, bei Benützung bitte in die Reservierungstabelle (gleich neben den Trockenschränken) einschreiben.
- Proben mit dem 2 mm Sieb sieben.  
Siebe hat es im Tunnel 6 oder im GA109.  
Zur Zwischenlagerung können die Proben in einem Plastiksack (luftdicht verschlossen) aufbewahrt werden.
- Proben mit der Kugelmühle mahlen.  
Kugelmühle darf nach Einführung selbständig benützt werden.  
Zur Zwischenlagerung können die gemahlenen Proben in einem 50 mL Tube (vorhanden im Labor GA109) aufbewahrt werden.

#### 3.2 Messung durchführen

- Immer mit sauberen und trockenen Händen arbeiten.
- Der Analyser darf nur unter Aufsicht von ausgebildetem Personal benützt werden.


Für die Messung wird der Analyser zuerst mittels Blanks-, und Driftmessungen (EDTA) vorbereitet. Anschliessend können die Proben eingewogen und analysiert werden. Dazu werden jeweils 0.1 g Probe für die Messung von CHN oder Corg und 2 – 4 mg Probe für die Messung von Sauerstoff in eine Zinnfolie eingewogen.

#### 3.3 Auswertung

Die Resultate werden in der Einheit Prozent (%) angegeben und beziehen sich jeweils auf die eingewogene Trockensubstanz der Probe.


### 4 Änderungshinweise

|            |                    |
|------------|--------------------|
| 16.10.2013 | SOP erstellt; boln |
|------------|--------------------|

|  |   |  |
|--|---|--|
| <br><small>Zürcher Hochschule<br/>für Angewandte Wissenschaften</small><br>Life Sciences und<br>Facility Management | <b>Bestimmung von Phosphat aus<br/>Wasser Extrakten</b><br>Fachstelle Bodenökologie | Code: SOP-UI1347b<br>Seite: 1 / 4<br>Datum: 03.03.2015 |
|--|---|--|

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>Titel</b>           | <b>Bestimmung von Phosphat aus Wasser Extrakten</b>   |
| Objekt/ Projekt        | Labormethode  |
| Zweck                  | Im Wasser-Extrakt wird Phosphat mit Ammoniummolybdat komplexiert. Die beim Erhitzen der Reaktionslösung resultierende Blaufärbung wird photometrisch bei einer Wellenlänge von 750 nm bestimmt.   |
| Geltungsbereich        | Bodenökologie   |
| Verantwortung          | Bodenökologie: Rahel Wanner (boln)  |
| Mitgeltende Unterlagen | <p>Dieses Dokument baut auf der Referenzmethode der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon [ART] auf und enthält Erklärungen zu einzelnen Punkten. Diese Methodenbeschreibung ist nur für den internen Gebrauch gedacht. Somit ist die original Quelle und nicht dieses Dokument, wie folgt zu zitieren:</p> <p>ART / ACW, (2010), Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope, Band 1, E1.056.d, Methode H2O10-P, Version 2012</p> |

|                           |                          |                   |
|---------------------------|--------------------------|-------------------|
| Erstellt: boln 02.03.2015 | Geprüft: boln 05.03.2015 | Freigegeben: boln |
|---------------------------|--------------------------|-------------------|

|  |   |  |
|--|---|--|
| <br><small>Center for Applied<br/>Life Sciences and<br/>Facility Management</small> | <b>Bestimmung von Phosphat aus<br/>Wasser Extrakten</b><br><br>Fachstelle Bodenökologie | Code: SOP-UI1347b<br>Seite: 2 / 4<br>Datum: 03.03.2015 |
|--|---|--|

## 1 Grundlage des Verfahrens

Im Wasser-Extrakt wird Phosphat mit Ammoniummolybdat komplexiert. Die beim Erhitzen der Reaktionslösung resultierende Blaufärbung wird photometrisch bei einer Wellenlänge von 750 nm bestimmt.

## 2 Material

| Objekt                              | Spezifikation  |
|-------------------------------------|--|
| Waage                               | Mettler Toledo; Genauigkeit von 0.001g   |
| Photometer                          | Küvette 1 cm, Wellenlänge 750 nm   |
| Wasserbad                           | 95 – 100 °C  |
| Reagenzgläser                       | Volumen mind. 15 mL  |
| Pipetten                            | Diverse  |
| Messkolben                          | Diverse  |
| Demineralisiertes Wasser            | Aqua demin   |
| Diammoniumhydrogenphosphat          | $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ M = 132 g / mol  |
| Ammoniumdihydrogenphosphat          | $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ M = 115 g / mol                                     |
| Ammoniumheptamolybdat               | $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ M = 1235.9 g / mol |
| Schwefelsäure                       | $\text{H}_2\text{SO}_4$ , p.a. 96 %; M = 98.1 g / mol; d = 1.84                        |
| Ascorbinsäure                       | $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ M 0 176.1 g / mol                                     |
| Amidoschwefelsäure (=Sulfaminsäure) | $\text{H}_2\text{NSO}_3\text{H}$ M = 97.1 g / mol                                      |

### 2.1 Herstellung Ammoniummolybdat-Schwefelsäure Lösung

- 40.0 g Ammoniumheptamolybdat in einem 1000 mL Messkolben in etwa 425 mL Aqua Demin lösen.
- Messkolben in kaltes Eiswasser stellen und vorsichtig 555 mL Schwefelsäure dazugeben.
- Lösung abkühlen lassen und auf die Marke mit Aqua Demin auffüllen.  
→ Lagerung in einer braunen Flasche (ca. 5 – 6 Monate). Sobald blaufärbung Eintritt ist es unbrauchbar.

### 2.2 Herstellung Ascorbinsäure

- 1 g Ascorbinsäure in 100 mL Aqua demin lösen.  
→ Lösung stets frisch herstellen.



|   |   |  |
|---|---|--|
| <br><small>Lehrstuhl für<br/>Life Sciences und<br/>Facility Management</small> | <b>Bestimmung von Phosphat aus<br/>Wasser Extrakten</b><br><br>Fachstelle Bodenökologie | Code: SOP-UI1347b<br>Seite: 3 / 4<br>Datum: 03.03.2015 |
|---|---|--|

### 2.3 Herstellung Kombiniertes Farbreagens

- 3 g Amidoschwefelsäure (=Sulfaminsäure) in einem 100 mL Messkolben in ca. 30 mL Aqua demin lösen.
- 50 mL Ammoniummolybdat-Schwefelsäure Lösung (aus 2.1) zugeben.
- Lösung im kalten Wasserbad auf 25 °C abkühlen (nicht länger als 10 min – es bildet sich sonst ein Niederschlag).
- Gut mischen und auf 100 mL mit Aqua demin auffüllen.
- **Sogleich** mit Ascorbinsäure (aus 2.2) zu gleichen Teilen mischen (jeweils 100 mL).

### 2.4 Herstellung Kalibrationslösung

Vorverdünnungs-Lösung mit **Diammoniumhydrogenphosphat**: 0.66 g  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  in 250 mL Messkolben mit Aqua demin lösen und anschliessend der folgenden Tabelle die Kalibrationsstandards herstellen.

Vorverdünnungs-Lösung mit **Ammoniumdihydrogenphosphat**: 0.57 g  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  in 250 mL Messkolben mit Aqua demin lösen und anschliessend der folgenden Tabelle die Kalibrationsstandards herstellen.

| Konzentration  | Vorverdünnungs Lösung | Aqua demin           |
|----------------|-----------------------|----------------------|
| 0.00 mg P / L  | 0.00 mL               | Auffüllen auf 100 mL |
| 0.62 mg P / L  | 0.10 mL               | Auffüllen auf 100 mL |
| 1.54 mg P / L  | 0.25 mL               | Auffüllen auf 100 mL |
| 6.20 mg P / L  | 1.00 mL               | Auffüllen auf 100 mL |
| 12.40 mg P / L | 2.00 mL               | Auffüllen auf 100 mL |
| 18.60 mg P / L | 3.00 mL               | Auffüllen auf 100 mL |

Anschliessend werden alle Standards nochmals 1:10 Verdünnt → (Kalibration von 0.062 – 1.86 mg P / L).

## 3 Komplexieren

### 3.1 Komplexieren der Wasser Aufschlüsse

- 10 mL des zu messendes Extraktes resp. der Kalibrationslösung in ein Reagenzglas pipetieren
- 2 mL Farbreagens zugeben und gut mischen
- 15 min ins siedende Wasserbad stellen – anschliessend abkühlen lassen
- Messen im Photometer bei 750 nm

|   |   |  |
|---|---|--|
| <br><small>Centre fédéral<br/>de Agrobiosciences</small><br>Life Sciences und<br>Facility Management | <b>Bestimmung von Phosphat aus<br/>Wasser Extrakten</b><br><br>Fachstelle Bodenökologie | Code: SOP-UI1347b<br>Seite: 4 / 4<br>Datum: 03.03.2015 |
|---|---|--|

### 3.2 Berechnung

Extraktion: 10 g Boden in 100 mL Extrakt

Resultat: Gehalt in mg / kg getrockneter Boden

a: Ablesung des Phosphat-Gehaltes in mg  $\text{PO}_4^{3-}$  / L

$$\begin{aligned} \text{mg } \text{PO}_4^{3-} / \text{kg getrockneter Boden} &= a \text{ (mg / L)} * \text{Extraktionsvolumen (L)} / \text{Einwaage (kg)} \\ &= a * 0.1 / 0.01 = a * 10 \end{aligned}$$

### 3.3 Umrechnung Phosphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) in Phosphor (P)

Molare Masse Phosphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) = 94.97 g / mol

Molare Masse Phosphor (P) = 30.97 g / mol


Phosphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ )     $\rightarrow$     / 3.066     $\rightarrow$     Phosphor (P)  
 Phosphor (P)         $\rightarrow$     \* 3.066     $\rightarrow$     Phosphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

## 4 Bemerkungen

Die Kalibrationslösungen sind einige Monate im Kühlschrank haltbar. Nach Abkühlung ist die blaue Färbung innert 3 h zu messen.

## 5 Änderungshinweise


|            |  |
|------------|--|
| 03.03.2015 | SOP erstellt; boln   |
| 23.05.2017 | Ergänzung Reagenz für Vorverdünnungslösung                           |
| 22.01.2018 | Ergänzung Umrechnung Phosphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) in Phosphor (P) |

|  |   |  |
|--|---|--|
| <br><small>Zürcher Hochschule<br/>für Angewandte Wissenschaften</small><br>Life Sciences und<br>Facility Management | <b>Bestimmung des pH von<br/>Bodenproben mit 0.01 molarer<br/>CaCl<sub>2</sub>-Lösung</b><br><br>Fachstelle Bodenökologie | Code: SOP-UI1350b<br>Seite: 1 / 4<br>Datum: 15.10.2013 |
|--|---|--|

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>Titel</b>           | <b>Bestimmung des pH von Bodenproben mit 0.01 molarer CaCl<sub>2</sub>-Lösung nach Agroscope / ART</b>   |
| Objekt/ Projekt        | Labormethode   |
| Zweck                  | Diese Vorschrift beschreibt das Vorgehen zur Bestimmung pH-Wertes von Bodenproben mit CaCl <sub>2</sub> -Lösung.   |
| Geltungsbereich        | Bodenökologie  |
| Verantwortung          | Bodenökologie: Rahel Wanner (boln)   |
| Mitgeltende Unterlagen | <p>Dieses Dokument baut auf der Referenzmethode der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon [ART] auf und enthält Erklärungen zu einzelnen Punkten. Diese Methodenbeschreibung ist nur für den internen Gebrauch gedacht. Somit ist die original Quelle und nicht dieses Dokument, wie folgt zu zitieren:</p> <p>ART / ACW, (2008): Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope, Band 2, E2.056.d, Methode pH-C, Version 2008</p> |

|                    |                          |                              |
|--------------------|--------------------------|------------------------------|
| Aktualisiert: eglo | Geprüft: boln 13.06.2013 | Freigegeben: krbs 19.07.2013 |
|--------------------|--------------------------|------------------------------|

S:\pools\N-IUNR-Allgemein\Zentren\Ecological\_Engineering\FS\_Bodenökologie\Methoden\Labormethoden\pH-Messung\SOP-UI1350b\_Bestimmung des pH von Bodenproben mit 0.01 molarer CaCl<sub>2</sub>-Lösung.docx, 28.04.15

|   |   |  |
|---|---|--|
| <br><small>Life Sciences und<br/>Facility Management</small> | <b>Bestimmung des pH von<br/>Bodenproben mit 0.01 molarer<br/>CaCl<sub>2</sub>-Lösung</b><br><br>Fachstelle Bodenökologie | Code: SOP-UI1350b<br>Seite: 2 / 4<br>Datum: 15.10.2013 |
|---|---|--|

## 1 Allgemeines

Die Methode ist auf Bodenproben anwendbar.

### 1.1 Grundlage des Verfahrens

Häufig wird vom pH-Wert des Bodens gesprochen. Genau genommen ist diese Bezeichnung nicht korrekt. Die Definition des pH bezeichnet die  $H_3O^+$  Aktivität in wässrigen Lösungen. Somit kann es streng genommen nur den pH-Wert der Bodenlösung, nicht aber der Matrix geben.

Der pH ist wie folgt definiert:


$$pH = -\log \frac{a(H_3O^+)}{a(H_2O)_{1mol}}$$

Die Skala des pH reicht normalerweise von pH 0 bis 14. In Böden sind die Bereiche von 2 bis 10 zu erwarten, wobei Böden in der Schweiz den pH-Bereich von 3 - 8 kaum verlassen. Rückschlüsse auf die Reaktion der Bodenmatrix sind durch das Messen des pH in der Bodenlösung nur bedingt möglich.

In der Praxis kann der pH-Wert in der eigentlichen Bodenlösung oder in Suspension gemessen werden. Das Gewinnen der Bodenlösung ist allerdings komplex. Entweder wird mit Unterdrucklysometern oder mit Zentrifugen gearbeitet. Am häufigsten wird allerdings eine Suspension hergestellt und der pH darin gemessen.

Die Wasserstoffionenkonzentration ist für viele Funktionen des Bodens von zentraler Bedeutung, weil fast alle chemischen und biologischen Prozesse in der Pedosphäre in irgendeiner Weise vom pH abhängig sind. Stichworte dazu sind: Aktivität und Zusammensetzung der Bodenorganismen, Löslichkeit von Metallen und Schadstoffen, Bodenansprüche der Pflanzen, Bodenentwicklung usw.

Grundsätzlich kann der pH in wässriger ( $H_2O$ ) oder in einer Salzlösung (KCl- bzw.  $CaCl_2$ -Lösung) bestimmt werden. Problematisch bei der Bestimmung in wässriger Lösung ist der schwankende Salzgehalt (Jahreszeit, Düngung). Das hat zur Folge, dass die Anzahl der  $H_3O^+$  Ionen in der Lösung variabel ist, da je nach Salzgehalt eine unterschiedliche Zahl der Ionen an den Austauschplätzen ist. SCHOFIELD und TAYLOR (1955) zeigten, dass in den meisten Böden des gemäßigten Klimabereichs die Aktivität von  $Ca^{2+}$  und  $H_3O^+$  Ionen in der Bodenlösung unabhängig von der Salzkonzentration in einem nahezu konstanten Verhältnis zueinander stehen:  $H_3O^+ / \gamma Ca^{2+} = \text{konstant}$ . Der Kunstgriff für die pH-Messung besteht nun darin, die Calcium-Aktivität in der Suspension konstant zu halten. Gelingt dies, dann ist aufgrund der Konstanz des Kalkpotentials und der Konstanz der  $Ca^{2+}$ -Aktivität auch die  $H_3O^+$ -Aktivität und damit der pH-Wert konstant. Es hat sich herausgestellt, dass mit einer 0.01 Molaren  $CaCl_2$ -Lösung ein von der Salzkonzentration weitgehend unabhängiger pH-Wert resultiert. Die Messung in wässriger oder in Salzlösung unterscheidet sich aus den oben erwähnten Gründen um 0.3 bis 0.8 pH-Einheiten. Das Messverfahren muss darum bei den Resultaten ersichtlich sein.

|   |   |  |
|---|---|--|
| <br><small>Life Sciences und<br/>Facility Management</small> | <b>Bestimmung des pH von<br/>Bodenproben mit 0.01 molarer<br/>CaCl<sub>2</sub>-Lösung</b><br><br>Fachstelle Bodenökologie | Code: SOP-UI1350b<br>Seite: 3 / 4<br>Datum: 15.10.2013 |
|---|---|--|

| Bezeichnung       | pH (H <sub>2</sub> O) | pH (CaCl <sub>2</sub> ) | ungefähre Basen-sättigung (%) |
|-------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|
| stark alkalisch   | > 8,2                 | > 8,2                   | 100                           |
| alkalisch         | 7,7 - 8,2             | 7,7 - 8,2               | 100                           |
| schwach alkalisch | 7,3 - 7,6             | 6,8 - 7,6               | 100                           |
| neutral           | 6,8 - 7,2             | 6,2 - 6,7               | > 80                          |
| schwach sauer     | 5,9 - 6,7             | 5,1 - 6,1               | 51 - 80                       |
| sauer             | 5,3 - 5,8             | 4,3 - 5,0               | 15 - 50                       |
| stark sauer       | 3,9 - 5,2             | 3,3 - 4,2               | < 15                          |
| sehr stark sauer  | < 3,9                 | < 3,3                   |                               |

Vergleich der pH-Messung mit H<sub>2</sub>O und CaCl<sub>2</sub> (FAL 24, 1997)

### 1.2 Methode

Die Methode baut auf der „Schweizerischen Referenzmethoden der Forschungsanstalt Agroscope“ auf. In einer Aufschlämmung von Boden mit 0.01 molarer CaCl<sub>2</sub>-Lösung wird nach Stehenlassen (12 - 18h) der pH bestimmt.

### 1.3 Variationen

Anstelle von 0.01 molarer CaCl<sub>2</sub>-Lösung kann auch deionisiertes Wasser verwendet werden. Dadurch verschiebt sich aber der pH (siehe Einleitung). Die Messung kann mit einem pH-Meter oder mit pH-Papier erfolgen.

### 1.4 Störungen


- Kontaminationen aus der Luft (Ammoniak) können einen Einfluss auf den pH haben.
- Kontaminationen der Gefässe können einen Einfluss auf den pH haben.

## 2 Material

In der Regel werden Chemikalien gemäss der nachstehenden Liste verwendet. Es können auch Substanzen anderer Hersteller vergleichbarer Qualität und Reinheit eingesetzt werden.

| Objekt                        | Spezifikation  |
|-------------------------------|--|
| Calciumchlorid                | CaCl <sub>2</sub> · 2 H <sub>2</sub> O Merck Nr. 1.02382.0500  |
| Reinstwasser                  | -  |
| 0.01 Molare CaCl <sub>2</sub> | 1.47 g CaCl <sub>2</sub> · 2 H <sub>2</sub> O werden in 1000ml Reinstwasser gelöst;<br>Haltbarkeit: 1 Jahr |
| pH-Meter / Multisonde         | Kalibration gemäss Gerätehersteller  |
| pH-Papier                     | -  |
| Waage                         | Mettler Toledo, Genauigkeit von 0.1 g  |
| Tubes                         | 50mL   |

S:\pools\N-IUNR-Allgemein\Zentren\Ecological\_Engineering\FS\_Bodenökologie\Methoden\Labormethoden\pH-Messung\SOP-UI1350b\_Bestimmung des pH von Bodenproben mit 0.01 molarer CaCl<sub>2</sub>-Lösung.docx, 28.04.15

|   |   |  |
|---|---|--|
| <br><small>Life Sciences und<br/>Facility Management</small> | <b>Bestimmung des pH von<br/>Bodenproben mit 0.01 molarer<br/>CaCl<sub>2</sub>-Lösung</b><br><br>Fachstelle Bodenökologie | Code: SOP-UI1350b<br>Seite: 4 / 4<br>Datum: 15.10.2013 |
|---|---|--|

### 3 Durchführung

#### 3.1 Probenvorbereitung

Die pH-Messung wird an der getrockneten Feinerde durchgeführt. Dazu muss die Bodenprobe während mindestens 24 h im Trocknungsschrank bei 40 °C getrocknet werden. Sehr tonreiche Proben werden mit Vorteil luftgetrocknet, da der Ton sonst stark verhärtet.

Im nächsten Bearbeitungsschritt wird die getrocknete Probe ganz leicht gemörsert. Ziel ist es, die Aggregate zu zerkleinern ohne das Skelett zu zerstören. Die Probe wird nun mit einem Sieb mit einer Maschenweite von 2 mm in die Fraktionen Feinerde und Skelett aufgeteilt. Die pH-Messung wird ausschließlich mit der Feinerde durchgeführt.

1 Teil homogener Boden (normalerweise 16.0 g) wird mit 2.5 Teilen 0.01 molare CaCl<sub>2</sub>-Lösung (40.0 ml für 16.0 g Boden) aufgeschlämmt. Die Suspension wird über Nacht 12 – 18 h stehen gelassen oder während 30min 3 – 4 mal geschüttelt und anschliessend 30 min stehen gelassen und vor der Messung kurz aufgerührt.

#### 3.2 Messung

In der aufgerührten Suspension wird der pH mit der Multisonde bestimmt. Zwischen den Messungen wird die Messsonde mit Reinstwasser gespült.

### 4 Auswertung

Der Wert wird auf eine Dezimalstelle genau abgelesen.

### 5 Änderungshinweise

|            |  |
|------------|--|
| 10.04.2009 | SOP erstellt   |
| 13.06.2013 | Überschreibung in neues Format zur Vereinheitlichung der Labor-SOP; eglo, boln |
| 15.10.2013 | Erneuerung SOP-Nummer; boln  |
| 07.04.2015 | Anpassung der pH-Messung und Streichung des Abschnittes über pH-Papier         |

**Anhang F Plagiatserklärung Bachelorarbeit****Erklärung betreffend das selbständige Verfassen einer Bachelorarbeit im Departement Life Sciences und Facility Management**

Mit der Abgabe dieser Bachelorarbeit versichert der/die Studierende, dass er/sie die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst hat.

Der/die unterzeichnende Studierende erklärt, dass alle verwendeten Quellen (auch Internetseiten) im Text oder Anhang korrekt ausgewiesen sind, d.h. dass die Bachelorarbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit unter Vorgabe der eigenen Urheberschaft bzw. ohne Quellenangabe übernommen worden sind.

Bei Verfehlungen aller Art treten Paragraph 39 und Paragraph 40 der Rahmenprüfungsordnung für die Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29. Januar 2008 sowie die Bestimmungen der Disziplinarmassnahmen der Hochschulordnung in Kraft.

Ort, Datum:

09.01.2020  
Müderswil

Unterschrift:

Das Original dieses Formulars ist bei der ZHAW-Version aller abgegebenen Bachelorarbeiten im Anhang mit Original-Unterschriften und -Datum (keine Kopie) einzufügen.

**Anhang G Aufgabenstellung Bachelorarbeit**

| Semester Arbeiten 2    |             |  |
|------------------------|-------------|--|
| <b>Studienjahrgang</b> |             | UI 2016  |
| <b>Titel</b>           |             | <b>Optimale Bodenbedingungen für artenreiche Magerwiesen</b>           |
| 7.1.1.1                | Vertraulich | ja <input type="checkbox"/> x nein <input checked="" type="checkbox"/> |
| <b>Fachgebiet</b>      |             | Vegetationsökologie  |
| <b>Namen</b>           | StudentIn   | Marc-Olivier Bächler<br>Buechma2@students.zhaw.ch                      |
|                        | KorrektorIn | Jürgen Dengler   |



|  |  |
|--|--|
| <b>Aufgabenstellung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ausgangslage</b></li> <li>• <b>Zielsetzungen</b></li> <li>• <b>Zusätzliche Auftrags-modalitäten</b></li> </ul> | <p><b>Ausgangslage</b><br/> Trockenwiesen und -weiden sind im Laufe des letzten Jahrhunderts in der Schweiz extrem zurückgegangen. Typische, artenreiche Bestände existieren insbesondere im Mittelland kaum noch. Für Management und Renaturierungsmassnahmen ist es wichtig zu wissen, wie die Bodenverhältnisse aussehen müssen, damit darauf noch oder wieder ein artenreicher Magerrasen gedeihen kann. So könnte man Massnahmen auf Flächen konzentrieren, die bodenkundlich überhaupt erfolgsversprechend sind bzw. gegebenenfalls in Renaturierungs- / Ausgleichsverfahren durch Oberbodenabtrag / -inversion wieder geeignete Bedingungen schaffen. Die Arbeit wird daher in Kooperation mit der Fachstelle Naturschutz des Kantons Zürich "gute" und "schlechte"/ehemalige Magerrasenflächen bezüglich Vegetation und Bodenverhältnissen verglichen. Im Rahmen der Semesterarbeit 2 wurden bereits die Bodenproben analysiert. Nun soll anschliessend, im Rahmen der Bachelorarbeit eine Synthese, zwischen der Vegetations- und der Bodeneigenschaft gemacht werden und mögliche Voraussagen über die optimalen Bodenbedingungen für Magerwiesen, gemacht werden.</p> <p><u>Forschungsfragen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Was sind die Unterschiede bezüglich Vegetation und die Bodenverhältnisse von «guten» bzw. «schlechten» / ehemaligen Magerrasenflächen?</li> <li>- Kann man durch die Bodeneigenschaften auf die Vegetation schliessen und so den Vegetationstypen in Zukunft neubilden?</li> <li>- Können Voraussagen getroffen werden über den Vegetationstypen, wenn die Bodeneigenschaften bekannt / beeinflusst werden?</li> <li>- Ist ein Muster in der Vegetation- bzw. Bodeneigenschaft zu erkennen, wenn man die Unterschiedlichen Magerwiesen Qualitäten vergleicht?</li> </ul> <p><b>Zielsetzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Liste der Umweltparameter soll erweitert werden mit der Topografie und der Bodenoberfläche und -struktur</li> <li>- Vegetationsaufnahmen sämtlicher Flächen sollen geplant und ausgeführt werden</li> <li>- Mittels Berechnung statistischer Modelle, den Artenreichtum bzw. Vorkommen von typischen Arten in Abhängigkeit von Boden- und sonstigen Umweltvariablen versuchen vorhersagen</li> </ul> <p><b>Zusätzliche Auftragsmodalitäten</b><br/> <u>Erwartete Resultate</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bachelorarbeit gemäss Weisungen ZHAW</li> </ul> |
|--|--|

|                              |  |
|------------------------------|--|
|                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektronische Kopie der Bachelorarbeit</li> <li>• Alle erhobenen Daten in elektronischem Format (gut dokumentiert)</li> <li>• Präsentation für Forschungsgruppe &amp; Fachstelle Naturschutz ZH</li> </ul>  |
|                              | <p><u>Provisorisches Inhaltsverzeichnis</u></p> <p>Abstract<br/>Zusammenfassung<br/>Inhaltsverzeichnis<br/>Liste der Abkürzungen</p> <p>1 Einleitung<br/>2 Methoden<br/>    2.1 Auswahl der Untersuchungsflächen<br/>    2.2 Vegetationsaufnahmen<br/>    2.3 Umweltparameter<br/>    2.4 Vegetationsanalyse<br/>    2.5 Statistische Auswertung<br/>3 Ergebnisse<br/>    3.1 Vegetationsanalyse<br/>    3.2 Umweltparameter<br/>    3.3 Prädiktoren «guter» Magerwiesen<br/>4 Diskussion<br/>5 Schlussfolgerung<br/>6 Ausblick<br/>7 Literaturverzeichnis</p> <p>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis<br/>Anhang</p> |
| <b>Formale Anforderungen</b> | <p>Alle relevanten <a href="#">Merkblätter</a> zu studentischen Arbeiten<br/>Massgeblich ist die aktuelle Fassung von «Anleitung und Vorgaben Projektarbeiten in der Forschungsgruppe Vegetationsökologie»</p>   |

| Zeitplan  |  |
|---|--|
| Bachelorarbeit - Marc-Olivier Büchler                 |  |
|   | Zeitplan   |
|   | AugustSeptemberOktoberNovemberDezemberJanuar   |
| Kalenderwoche   | 313233343536373839404142434445464748495051521234   |
| Abgabe Aufgabenstellung                               | #1   |
| Vegetationsaufnahmen                                  |  |
| Literaturrecherche                                    |  |
| Methode   |  |
| Analyse / Statistische Auswertungen                   |  |
| Synthese Boden- und Vegetationsanalyse                |  |
| Einleitung  |  |
| Layout und Inhalt                                     |  |
| Abgabe der Rohfassung                                 |  |
| Überarbeitung   |  |
| Abgabe der Bachelorarbeit                             |  |
| Wichtigste Meilensteine                               |  |
| #1 Abgabe Aufgabenstellung 01.08.2019                 |  |
| #5 Abgabe der Rohfassung an Korrigierenden 15.12.2019 |  |
| #6 Abgabe definitive Bachelorarbeit 09.01.2020        |  |
| Abgabetermin (12.00 Uhr)                              | 09.01.2020 um 12:00 Uhr  |
| Bemerkungen   | Abgabeform<br>Arbeit: Elektronisch auf Complexis.zhaw<br>Präsentation: Elektronisch an Fachstelle Naturschutz ZH so wie ZHAW<br>Beitrag an Paper Publikation |
| Arbeitsort  | Kanton Zürich und an der ZHAW Wädenswil  |

Plagiate verstossen gegen die Urheberrechte, eine Verletzung dieser Rechte wird gemäss der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge der Hochschule Wädenswil vom 01.09.2006 in § 38, 39 geregelt. Diese Studien- und Prüfungsordnung gilt für alle Bachelorstudienjahrgänge bis und mit Studienstart 2009.

Für Bachelorstudienjahrgänge mit Studienbeginn ab 2010 und die Masterstudiengänge mit Studienbeginn ab 2009 gilt § 39 der Rahmenprüfungsordnung für Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29.01.2008.